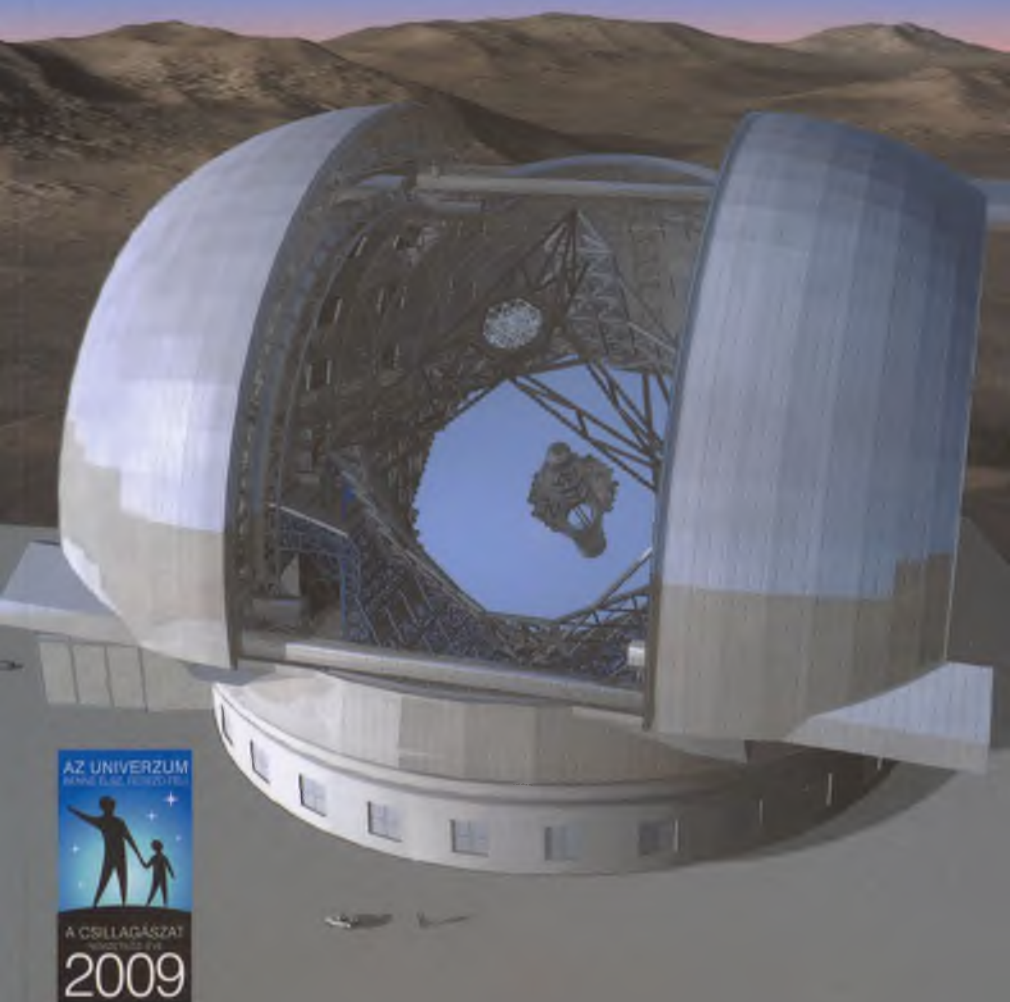


# meteor

## csillagászati évkönyv

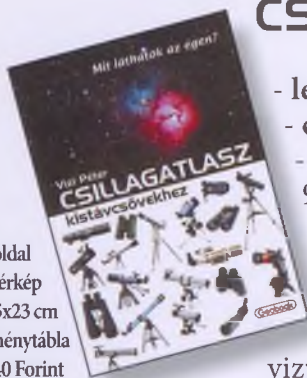
# 2009



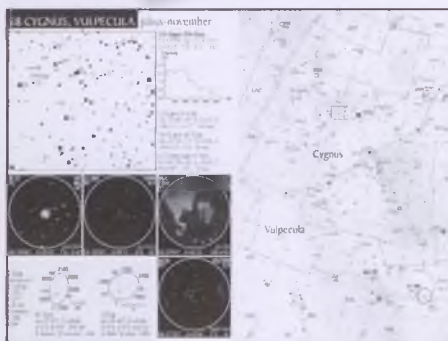
# CSILLAGATLASZ kistávcsövekhez

1. kiadás 2008

64 oldal  
30 térkép  
16,5x23 cm  
keménytábla  
2 940 Forint



- lépték deklinációs irányban 4,5 cm/10 fok
- csillagok 8<sup>m</sup>0-ig, legalább -30° deklinációig
- 430 változó, ami valóban eléri maximumban a 9<sup>m</sup>0-t és legalább 1<sup>m</sup>0 amplitúdója van
- ezernél több kettős legalább 2" távassággal és 9<sup>m</sup>0-nál fényesebb komponensekkel
- minden mélyég-objektum 12<sup>m</sup>0-ig
- a Tejút J. Hopmann '30-as években készült vizuális (!) felmérése alapján 10 árnyalatban



A teljes tőlünk látható égboltot csillagképenkénti felosztásban látjuk.

A térképlapok melletti oldalak az adott égterület legfontosabb, legizgalmasabb látnivalóiról közölnek **kistávcsővel készült rajzokat** és megfigyelésükhöz kedvet csináló adatokat, résztérképeket. A bevezetőben hasznos tanácsokat kapunk az égi tájékozódáshoz, a megfigyelésekhez és a távcső használatához.

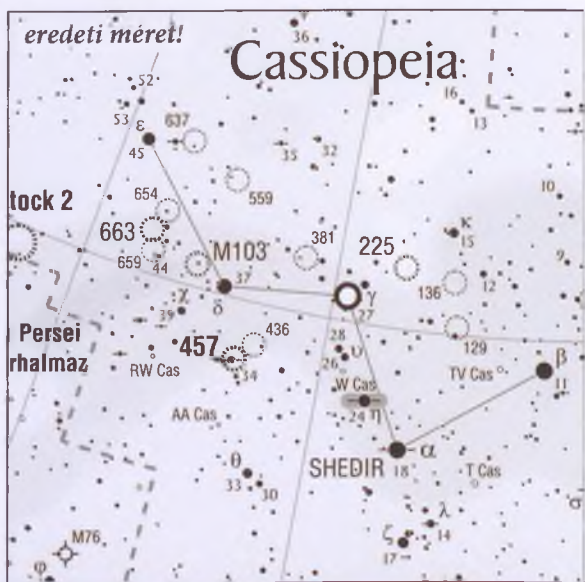
„A változókat, kettősöket, mélyégeket nem katalógusadatok alapján tüntettem fel, hanem saját és más magyar amatőrök megfigyelései alapján 3 szubjektív kategóriába soroltam őket:

I. kat.: alap, minden objektum.

II. kat.: változók legalább 8<sup>m</sup> maximummal, érdekesebb fénygörbével, stb. Kettősök legalább 10" távassággal, szép színkontraszttal. Mélyegek, melyek 50 mm-rel többnyire már láthatók.

III. kat.: változók legalább 7<sup>m</sup> maximummal, nagyon könnyű és érdekes megfigyelhetőséggel. Kettősök: kis nagyítással is gyönyörű és könnyen észlelhető „tanpéldányok”. Mélyegek: bármivel látványosak, de már 8-10 cm-rel lélegzetelállítók.”

Vzp



Geobook Hungary Kiadó, 2000 Szentendre, Péter-Pál u. 4. geobook@mail.datanet.hu t.: 26/505-405

**2009-ben keresse az új, bővített 2. kiadást!**

# meteor csillagászati évkönyv 2009

Meteor csillagászati évkönyv 2009

Hozzájárultak:  
Balogh Miklós  
Földes Miklós



Magyar Asztrológiai Társaság  
Hozzájárultak:  
Balogh Miklós  
Földes Miklós





# meteor csillagászati évkönyv 2009

Szerkesztette:  
Benkő József  
Mizser Attila



Magyar Csillagászati Egyesület  
Budapest, 2008  
[www.mcse.hu](http://www.mcse.hu)

Az évkönyv kalendárium részének összeállításában közreműködött:

Butuza Tamás  
Gyarmati László  
Hegedüs Tibor  
Horvai Ferenc  
Kaposvári Zoltán  
Kovács József  
Kiss László  
Jean Meeus  
Sárnecky Krisztián  
Sánta Gábor  
Szabó Sándor  
Székely Péter  
Szöllősi Attila

A kalendárium csillagtérképei az Ursa Minor szoftverrel készültek.  
[www.ursaminor.hu](http://www.ursaminor.hu)

Az elongációs grafikonok készítéséhez egyedi szoftvert használtunk,  
melyet Butuza Tamás készített.

Szakmailag ellenőrizte:  
Szabados László

Műszaki szerkesztés és illusztrációk  
Hingyi Gábor

Borítóterv és színes képmelléletek  
Vizi Péter

A kiadvány támogatói:  
Mindazok, akik az SZJA 1%-ával támogatják  
a Magyar Csillagászati Egyesületet.  
Adószámunk: 19009162-2-43

ISSN 0866-2851

Felelős kiadó: Mizser Attila  
Készült a G-PRINT BT nyomdájában  
Felelős vezető: Wilpert Gábor  
Terjedelem: 25 ív + 8 oldal színes melléklet  
2008. november

## Tartalom

Bevezető .....	7
----------------	---

Kalendárium .....	13
-------------------	----

### Cikkek

Frey Sándor: Hogyan kezdődött a fény korszaka? .....	175
Kiss László: Válogatás a változócsillagászat új eredményeiből. ....	184
Kereszturi Ákos: Újdonságok a Naprendszerben. ....	199
Bartha Lajos: Négy száz éves a távcső .....	213
Galileo Galilei: Sidereus Nuncius .....	237
Szécsényi-Nagy Gábor: Mérföldkövek a csillagászat és a megfigyelőeszközök fejlődésében .....	275
Fűrész Gábor: ELTervezett távcsövek .....	287
Szatmáry Károly – Szabados László: Űrtávcsövek .....	333

### Beszámolók

Mizser Attila: A Magyar Csillagászati Egyesület tevékenysége 2007-ben ..	365
Balázs Lajos: Az MTA KTM Csillagászati Kutatóintézetének működése 2007-ben. ....	369
Érdi Bálint: Az ELTE Csillagászati Tanszékének működése 2007-ben . . .	382
Hegedüs Tibor: A Bács-Kiskun Megyei Önkormányzat Csillagvizsgáló Intézete 2006–2008. ....	386

## A címlapon

Az Európai Különlegesen Nagy Távcső (E-ELT - European Extremely Large Telescope) a következő generációs óriástávcső-tervek közül az egyik. Az ESO (Európai Déli Observatórium) vezetésével várhatóan 20 éven belül megépülő, 906 szegmensből álló 42 m-es főtükörű óriás méreteit jól szemléltetik a kupola előtt álló emberalakok és a kisteherautó. Bővebben l. ELT tervezett távcsövek c. cikkünket.

## A hátsó borítón

Földkelte: a japán Selene (Kaguya) szonda – HDTV berendezése segítségével – 2008. április 5-én készült felvételén.

## Bevezető

2009 a Csillagászat Nemzetközi Éve. Az UNESCO és az ENSZ által meghirdetett év nagyszerű alkalom arra, hogy minél szélesebb körben megismertessük a csillagászat eredményeit a nagyközönséggel. A nemzetközi év apropóját az adja, hogy négyszáz évvel ezelőtt, 1609-ben alkalmazták először a távcsövet csillagászati megfigyelésekre. Az első távcsöves megfigyeléseket elsősorban Galileihez kötjük (a nemzetközi év hivatalos indoklásában is szerepel neve). Amint az általában lenni szokott a nagy újítások esetében, természetesen Galilei kortársai is folytattak csillagászati megfigyeléseket – amint az kiderül Négyszáz éves a távcső c. cikkünkéből. Galileo Galilei távcsöves felfedezéseit 1610 márciusában tette közzé Sidereus Nuncius (Csillaghírnök) című művében. Amilyen vékony volt ez a könyvecske, olyan jelentős volt a hatása. Régi adósságot törlesztünk azzal, hogy most először közöljük a Sidereus Nuncius teljes szövegét Csaba György Gábor fordításában. Az elmúlt négy évszázad legfontosabb távcsöves felfedezéseit Szécsényi-Nagy Gábor foglalja össze. Kötetünk leghosszabb írása is a távcsővel, a távcsövekkel foglalkozik, mégpedig a közeljövő óriástávcső-terveivel (Fűrész Gábor: ELTervezett távcsövek). Az űrtávcsövek legalább olyan mértékben forradalmasították a csillagászatot, mint Galieli „hollandi távcsöve”. Ezt a forradalmat tekinti át cikkében Szatmáry Károly és Szabados László.

Intézményi beszámolóknak továbbra is helyet adunk, azonban terjedelmüket szeretnénk némiképp csökkenteni az évkönyv további kötetekben.

Kalendáriumunk részletesen foglalkozik a 2009-es év égi és földi csillagászati eseményeivel, a nemzetközi évhez kapcsolódó eseményekkel, évfordulókkal.

Egy csillagászati évkönyv egyik fontos szerepe az adott évre vonatkozó csillagászati alapadatok, valamint az érdekes, látványos, ritka – és természetesen a kötet lezárásáig előre jelezhető – égi jelenségek pontos közlése mindazok számára, akiket érdekelnek a csillagos ég jelenségei. A 2009-es kötetben is elvetettük a korábbi évek, évtizedek gyakorlatát: a hosszú oldalakon sorjázó táblázatokkal. Ez a fajta adatközlés természetesen nem tekinthető minden elemében idejétmúltnak, azonban az olvasói és a terjesztői visszajelzések alapján úgy érzékeljük, hogy ma már erősen megcsappant



az igény a táblázatos adatok iránt. A számítástechnika és az internet mai elterjedtsége mellett, amikor egyre többen használnak különféle planetárium-programokat, és naprakész információkat kaphatnak az internetről, és ezzel akár személyre szóló „évkönyvet” is készíthetnek saját használatra, egy hagyományos, nyomtatott évkönyv gyökeresen más szerepet kell hogy kapjon. Olvasóink figyelmébe ajánljuk a Magyar Csillagászati Egyesület Meteor c. lapját, mely számos aktuális égi jelenségről közöl előrejelzést Jelenségnaptárában, olyanokról is, melyek jellegükénél fogva nem jelenhetnek meg évkönyvünkben. Ugyancsak számos érdekes észlelési ajánlat található az MCSE honlapján ([www.mcse.hu](http://www.mcse.hu)) és hírportálján ([hirek.csillagaszat.hu](http://hirek.csillagaszat.hu)).

A 2009-es Csillagászati évkönyvben igyekeztünk a korábbiaknál jóval több szemléletes ábrával illusztrálni az év folyamán megfigyelhető jelenségeket. Az adott hónap csillagászati érdekességeire hosszabb-rövidebb ismertetőkkkel hívjuk fel a figyelmet (meteorrajok, kisbolygók, üstökösök, változócsillagok, mélyég-objektumok stb.). Mindezzel szeretnénk még közelebb hozni az érdeklődőket a csillagos éghoz, a korábbi évkönyvekhez képest céltudatosabban irányítva rá figyelmüket egy-egy égi eseményre. Mindazok, akik kedvet kapnak a megfigyelések végzéséhez, a Meteor rovatvezetőinél kaphatnak további tájékoztatást (elérhetőségük megtalálható a kiadvány honlapján: [meteor.mcse.hu](http://meteor.mcse.hu)).

A havi előrejelzéseket egy-egy évfordulós csillagásztörténeti érdekesség is színesíti.

A **Kalendárium** hagyományos naptár része minden hónapban két oldal táblázattal kezdődik. Ezekben minden időadat Közép-Európai Időben (KÖZEI) szerepel. A bal oldali naptártáblázat első oszlopában található a napnak a hónapon belüli sorszáma, a nap nevének rövidítése és a napnak az év első napjától számított sorszáma. A hetek sorszámát az érvényes magyar szabvány szerint adjuk meg. A Nap időadatai mellett szerepel a delelési magassága, valamint az időegyenlítés értéke is.

Az időegyenlítés azt adja meg, hogy az időzónánk közepén ( $\lambda = 15^\circ$ ) mennyit tér el a Nap valódi delelési időpontja a zónaidő déli 12 órájától. Minthogy az évkönyv táblázatai a  $\lambda = 19^\circ$  földrajzi hosszúságra készültek, a delelési időpont oszlopában látható, hogy a valódi Nap itt 16 perccel korábban delel, mint az időzóna közepén.

A jobb oldali táblázatban a Julián-dátum és a greenwichi csillagidő található. Mindkettőnek a csillagászati számításoknál vehetjük hasznát. Az utolsó oszlopban az adott naptári napon ünnepelt névnapok listáját

olvashatjuk. A névnap lista adatainak forrása a Vince Kiadónál megjelent Ladó-Bíró: Magyar utónévkönyv c. munka. A táblázat alatt az ismertebb ünnepek, időszámítási és kronológiai információk kaptak helyet.

Az **eseménynaptárban** az időpontokat UT-ben adtuk meg.

A négy fő holdfázis időpontjai perc pontosságúak és geocentrikusak, megadtuk a csillagkép nevét is, ahol a Hold tartózkodik az adott időpontban.

Föld napközeli- és naptávoli-időpontjai (perigeum és apogeum) tized perc pontosságúak, geocentrikusak, valamint fel van tüntetve a Föld távolsága is a Naptól CSE-ben.

A napéjegyenlőségek és napfordulók időpontjai tized perc pontosságúak és geocentrikusak.

Hold librációinak időpontjai tized perc pontosságúak, geocentrikusak. Egy lunáción belül hat időpont van megadva, a legnagyobb északi, déli, keleti és nyugati érték időpontja, valamint a legkisebb és legnagyobb eredő libráció (század fok pontossággal).

Korai/késői holdsarlók. A 48 óránál fiatalabb ill. idősebb holdsarlók láthatóságának időpontjait adtuk meg perc pontossággal, Budapestre számítva,  $-6$  fokos napmagasságra. Az előre jelzett jelenségeknél megadtuk a holdsarló korát valamint a horizont feletti magasságát is.

Bolygók dichotómiája. A Merkúr és a Vénusz bolygó 50%-os fázisának időpontjait tartalmazza a jelenségnaptár perc pontossággal, a Föld középpontjából nézve.

A Hold földközeli- és földtávoli-időpontjai tized perc pontosságúak, valamint meg vannak adva a Hold távolságai a Föld középpontjától és a Hold látszó átmérői is tized ívmásodperc pontossággal.

Az eseménynaptár tized perc pontossággal tartalmazza azokat az időpontokat is, a mikor a Hold eléri legkisebb/legnagyobb deklinációs értékét.

A belső bolygók elongációinak és oppozícióinak időpontjai geocentrikusak és tized perc pontosságúak, az eseménynaptár tartalmazza az elongációk mértékét, a bolygók fényességét, átmérőjét és a fázisait ezekben az időpontokban. A Merkúr és a Vénusz alsó illetve a felső együttállását a Nappal tized perc pontossággal adtuk meg. A külső bolygóknál az időpontok szintén tized perc pontosságúak, járulékos adatként a bolygók látszó átmérői, fényességük és a csillagképek nevei is szerepelnek.

2009-ben három holdfogyatkozás lesz, a másodperc pontosságú időpontok geocentrikus kezdő és befejező kontaktus-időpontok. Hazánkból két holdfogyatkozás lesz látható, ezek közül az augusztus 6-ai holdfogyatkozás félárnyékos lesz, kevésbé látványos, a december 31-i pedig csekély mértékű (0,082) lesz.

A 2009-es évben két napfogyatkozás lesz, mindkettő szerepel a Kalendáriumunkban. A július 22-i teljes napfogyatkozás totalitása igen hosszú, közel 7 perc tartamú lesz. A Távol-Keletről megfigyelhető jelenség észlelésére valószínűleg több magyar észlelő is expedíciót szervez,

A Hold leglátványosabb, április 12-i sűrű csillagfedését másodperc pontossággal adjuk meg, továbbá szerepel a fedendő csillag neve, fényessége, a hold fázisa és a sűrű fedés helye Budapestre számítva. Térképen mutatjuk be, hogy Magyarország mely területein észlelhető a sűrű fedés.

A Hold a Plejádokat többször elfedi 2009-ben. A jelenségekről a Meteorban közlünk részletes térképet és kontaktus-időpontokat.

2009-ben nem lesz észlelhető hazánkban bolygófedés.

A Jupiter augusztus 3-án elfedi a 6 magnitúdós 45 Capricornit.

A Jupiter-holdak jelenségei közül azokat az eseményeket szerepeltetjük a felsorolásban, amikor egy éjszaka során két hold-jelenség is lesz, valamint amikor a Jupiter korongján két hold árnyéka látszik. 2009-ben ismét sor kerül Jupiter-holdak kölcsönös jelenségeire, melyeket külön táblázatban foglalkunk össze.

2009-ben közel éléről láthatjuk a Szaturnusz hold- és gyűrűrendszerét. Ennek apropóján most először közöljük a Szaturnusz-holdak láthatósági ábráját (mely hasonló a Jupiternél megszokott ábrához). Az év folyamán számos Szaturnusz-hold jelenséget lehet megfigyelni, melyekről a Jupiter-hold jelenségeihez hasonló előrejelzéseket adunk.

A bolygók kölcsönös megközelítései közül azok kerültek be, amelyeknél 2,5 foknál kisebb a távolság az égitestek között, és a jelenség legalább egy része sötét égbolton megfigyelhető.

A Hold csillag- és bolygómegközelítései közül azokat az eseményeket szerepeltetjük, amelyeknél Budapestről nézve a Hold 5 foknál közelebb kerül egy bolygóhoz, illetve 1 fokon belül egy fényes csillaghoz. Ha nem éjszakai időszakra esik a megközelítés, akkor külön megadjuk a legkisebb szögtávolságot és annak időpontját.

A bolygók csillagfedései illetve csillag-megközelítései közül az olyan események szerepelnek, amelyeknél Budapestről nézve egy bolygó egy szabad szemmel látható csillagtól 30'-en belül halad el, illetve egy 11,5 magnitúdónál fényesebb csillagot 60"-nél jobban megközelít. Külön említjük azokat a jelenségeket, amikor egy bolygó fényes Messier-objektum mellett halad el.

A kisbolygók csillag- illetve mélyégobjektum-megközelítései közül azok az események kaptak helyet, amelyeknél egy 12,0 magnitúdónál fényesebb kisbolygó egy 11 magnitúdónál fényesebb mélyég-objektumot, többnyire Messier-objektumot közelít meg.

---

Reméljük, hogy ezekkel a változtatásokkal sikerült egy „felhasználó-barátabb” csillagászati évkönyvet adnunk olvasóink kezébe. Természetesen a változtatásokkal, az óhatatlanul előforduló hibákkal, valamint a módosítási javaslatokkal kapcsolatosan – mint eddig, ezután is – kérjük, hogy keressék meg a kötet szerkesztőit az [mcse@mcse.hu](mailto:mcse@mcse.hu) címen.

Csillagászati évkönyvünk kereskedelmi forgalomban is kapható, azonban minden olvasónknak ajánljuk, hogy közvetlenül a Magyar Csillagászati Egyesülettől szerezzék be (személyesen az óbudai Polaris Csillagvizsgálóban is megvásárolható). A legjobb megoldás azonban az, ha maguk is az MCSE tagjaivá válnak, ugyanis ez esetben tagilletményként egészen biztosan hozzájuthatnak kiadványunkhoz. Az egyesületi tagsággal kapcsolatos információk megtalálhatók egyesületi honlapunkon ([www.mcse.hu](http://www.mcse.hu)).

A Csillagászat Nemzetközi Évében évkönyvünk minden korábbiánál nagyobb terjedelemben jelenik meg.







2007		2008		2009		2010		2011		2012	
Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3
4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2
3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3
4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2
3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3
4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2
3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3
4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2
3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3
4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

$\lambda = 19^\circ$ ,  $\varphi = 47,5^\circ$ **Kalendárium – január**

KÖZEI

Dátum		Nap					Hold			fázis h m
		kel, h m	delel, h m	nyugszik h m	$h_d$ °	$E_t$ m	kel, h m	delel, h m	nyugszik h m	
1. hét										
1. cs	1.	7 31	11 47	16 04	19,6	-3,4	9 56	15 30	21 16	
2. p	2.	7 31	11 48	16 05	19,7	-3,9	10 12	16 12	22 26	
3. sz	3.	7 31	11 48	16 06	19,8	-4,4	10 28	16 55	23 37	
4. v	4.	7 31	11 49	16 07	19,9	-4,8	10 46	17 41	-	● 12 56
2. hét										
5. h	5.	7 31	11 49	16 08	20,0	-5,3	11 07	18 30	0 51	
6. k	6.	7 31	11 50	16 09	20,1	-5,7	11 33	19 24	2 10	
7. sz	7.	7 30	11 50	16 10	20,2	-6,1	12 07	20 23	3 31	
8. cs	8.	7 30	11 50	16 11	20,4	-6,6	12 55	21 28	4 52	
9. p	9.	7 30	11 51	16 12	20,5	-7,0	13 58	22 35	6 06	
10. sz	10.	7 29	11 51	16 14	20,6	-7,4	15 16	23 40	7 05	
11. v	11.	7 29	11 52	16 15	20,8	-7,8	16 43	-	7 50	○ 4 28
3. hét										
12. h	12.	7 28	11 52	16 16	21,0	-8,2	18 10	0 42	8 23	
13. k	13.	7 28	11 52	16 18	21,1	-8,6	19 33	1 38	8 49	
14. sz	14.	7 27	11 53	16 19	21,3	-9,0	20 52	2 30	9 10	
15. cs	15.	7 26	11 53	16 20	21,5	-9,3	22 08	3 18	9 28	
16. p	16.	7 26	11 53	16 22	21,7	-9,7	23 21	4 03	9 46	
17. sz	17.	7 25	11 54	16 23	21,9	-10,0	-	4 48	10 04	
18. v	18.	7 24	11 54	16 24	22,1	-10,3	0 32	5 33	10 24	● 3 46
4. hét										
19. h	19.	7 24	11 54	16 26	22,3	-10,6	1 43	6 19	10 48	
20. k	20.	7 23	11 55	16 27	22,5	-10,9	2 51	7 07	11 17	
21. sz	21.	7 22	11 55	16 29	22,7	-11,2	3 56	7 57	11 53	
22. cs	22.	7 21	11 55	16 30	22,9	-11,5	4 54	8 47	12 39	
23. p	23.	7 20	11 56	16 32	23,2	-11,8	5 44	9 38	13 33	
24. sz	24.	7 19	11 56	16 33	23,4	-12,0	6 25	10 28	14 35	
25. v	25.	7 18	11 56	16 35	23,7	-12,3	6 57	11 16	15 41	
5. hét										
26. h	26.	7 17	11 56	16 36	23,9	-12,5	7 23	12 02	16 50	● 8 55
27. k	27.	7 16	11 56	16 38	24,2	-12,7	7 44	12 47	17 59	
28. sz	28.	7 15	11 57	16 39	24,4	-12,9	8 03	13 29	19 08	
29. cs	29.	7 13	11 57	16 41	24,7	-13,1	8 19	14 12	20 17	
30. p	30.	7 12	11 57	16 42	25,0	-13,3	8 36	14 54	21 27	
31. sz	31.	7 11	11 57	16 44	25,3	-13,4	8 53	15 39	22 40	

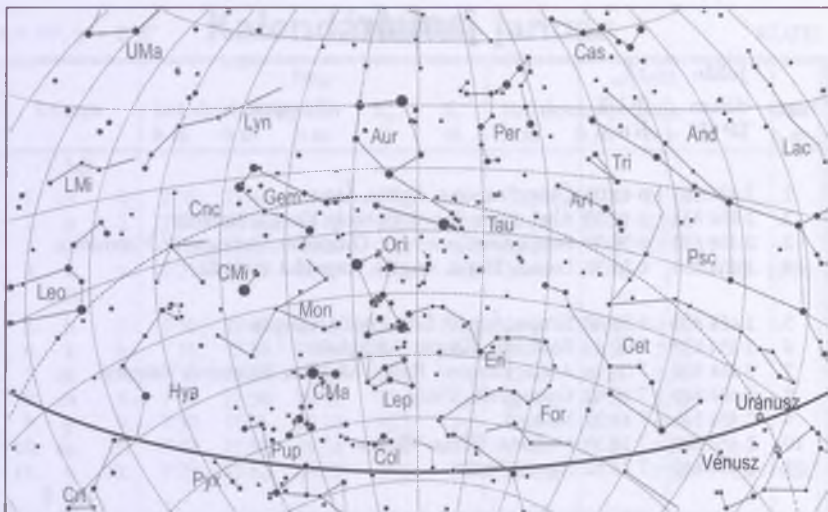
## január

nap	Julián dátum 12 <sup>h</sup> UT	<sup>0</sup> <sub>s</sub> 0 <sup>h</sup> UT h m s	névnapok
1.	2 454 833	6 43 06	Újév; Fruzsina, Aglája, Álmos
2.	2 454 834	6 47 03	Ábel, Ákos, Fanni, Gergely, Gergő, Stefánia
3.	2 454 835	6 50 59	Benjámin, Genováva, Dzszenifer, Gyöngyvér, Hermina
4.	2 454 836	6 54 56	Leona, Titusz, Angéla, Angelika, Izabella
5.	2 454 837	6 58 52	Simon, Árpád, Ede, Emília, Gáspár
6.	2 454 838	7 02 49	Boldizsár, Gáspár, Menyhért
7.	2 454 839	7 06 46	Attila, Ramóna, Bálint, Melánia, Rajmund, Valentin
8.	2 454 840	7 10 42	Gyöngyvér, Virág
9.	2 454 841	7 14 39	Marcell
10.	2 454 842	7 18 35	Melánia, Vilma, Vilmos
11.	2 454 843	7 22 32	Ágota, Agáta
12.	2 454 844	7 26 28	Ernő, Erna, Ernesztina, Veronika
13.	2 454 845	7 30 25	Veronika, Csongor, Ivett, Judit, Vera
14.	2 454 846	7 34 21	Bódog
15.	2 454 847	7 38 18	Loránd, Lóránt, Alfréd, Pál, Sándor
16.	2 454 848	7 42 15	Gusztáv, Fanni, Henrik, Marcell, Ottó, Stefánia
17.	2 454 849	7 46 11	Antal, Antónia, Leonetta, Roxána
18.	2 454 850	7 50 08	Piroska, Aténé, Beatrix, Margit, Pál
19.	2 454 851	7 54 04	Sára, Márió, Margit, Márta, Sarolta, Veronika
20.	2 454 852	7 58 01	Fábián, Sebestyén, Szabasztján, Tímea
21.	2 454 853	8 01 57	Ágnes
22.	2 454 854	8 05 54	Vince, Artúr, Artemisz, Cintia, Dorián
23.	2 454 855	8 09 50	Zelma, Rajmund, Emese, János, Mária
24.	2 454 856	8 13 47	Timót, Erik, Erika, Ferenc, Vera, Veronika, Xénia
25.	2 454 857	8 17 44	Pál, Henriett, Henrietta, Henrik, Péter
26.	2 454 858	8 21 40	Vanda, Paula, Titanilla
27.	2 454 859	8 25 37	Angelika, Angéla, János
28.	2 454 860	8 29 33	Károly, Karola, Ágnes, Amália, Apollónia, Margit, Péter
29.	2 454 861	8 33 30	Adél, Etelka, Ferenc
30.	2 454 862	8 37 26	Martina, Gerda, Gellért
31.	2 454 863	8 41 23	Marcella, János, Lujza, Péter

6. Vízkereszt

14. A Julián-naptár szerinti újév napja

26. A kínai naptár 4646. évének kezdete



*A déli égbolt január 15-én 20:00-kor (KÖZEI)*

## Bolygók

**Merkúr:** A hónap elején még könnyű megtalálni az esti délnyugati ég alján. 4-én van legnagyobb keleti kitérésben,  $19^\circ$ -ra a Naptól, ekkor másfél órával nyugszik a Nap után. Láthatósága azonban gyorsan romlik, a hónap közepén már nem figyelhető meg. 20-án alsó együttállásban van a Nappal. Gyorsan átkerül a hajnali égre, a hó legvégén a délkeleti látóhatár közelében látszik. Ekkor egy órával kel a Nap előtt.

**Vénusz:** Az esti égbolt feltűnő égitestje, magasan látszik a délnyugati látóhatár felett. 14-én van legnagyobb keleti kitérésben,  $47^\circ$ -ra a Naptól. Négy órával nyugszik a Nap után. Fényessége  $-4^m3$ -ról  $-4^m5$ -ra, átmérője  $21''$ -ről  $28''$ -re nő, fázisa 0,57-ről 0,41-re csökken.

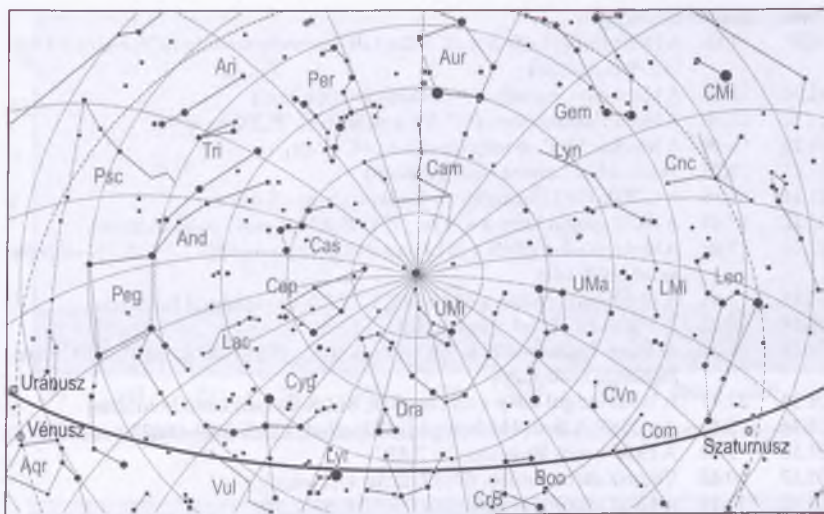
**Mars:** Előretartó mozgást végez a Nyilas csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. Fényessége  $1^m3$ -ról  $1^m2$ -ra, átmérője  $3,8''$ -ről  $4''$ -re nő.

**Jupiter:** A hónap legelején még másfél órával a Nap után nyugszik, az esti szürkületben kereshető a Nyilas, majd a Bak csillagképben. Láthatósága azonban rohamosan romlik, 24-én kerül együttállásba a Nappal. Fényessége  $-1^m9$ , átmérője  $32''$ .

**Szaturnusz:** Késő este kel, az éjszaka nagy részében látható. Az Oroszlán csillagképben végzi hátráló mozgását. Fényessége  $0^m8$ , átmérője  $19''$ .

**Uránusz:** Az esti órákban figyelhető meg a Vízöntő csillagképben. Késő este nyugszik.

**Neptunusz:** A hónap első felében még kereshető az esti szürkületben, a Bak csillagképben.



Az északi égbolt január 15-én 20:00-kor (KÖZEI)

## Eseménynaptár

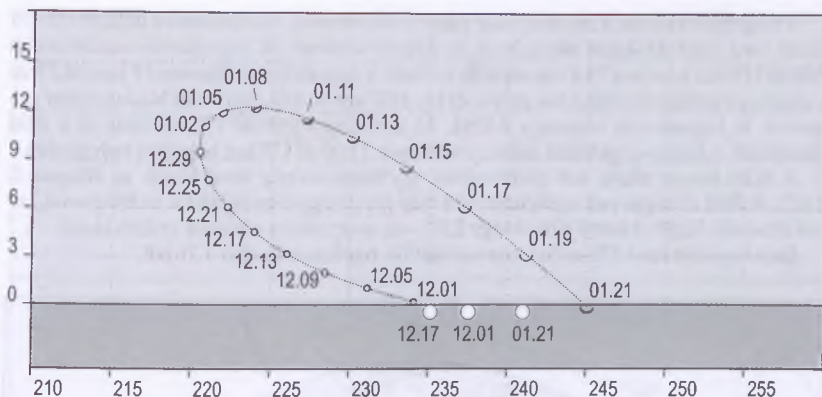
### Dátum Időpont Esemény

- 01.02. 16:20 Az Uránusz  $3^{\circ}46'$ -cel délre a 31,4%-os növekvő fázisú Holdtól
- 01.04. 11:56 Első negyed (a Pisces csillagképben)
- 01.04. 13:58 A Merkúr legnagyobb keleti elongációja:  $19,3^{\circ}$  ( $-0^m6$ ,  $6,8''$ , 59% fázis, Capricornus csillagkép)
- 01.04. 15:30 A Föld napközben (0,9833 CSE)
- 01.05. 1:47 A Hold maximális librációja ( $l = -7,46$ ,  $b = -6,42$ )
- 01.06. 8:34 A Hold déli librációja ( $b = -6,75$ )
- 01.06. 19:28 A Merkúr dichotómiája (50,0% fázis,  $19,1^{\circ}$  elong.)
- 01.07. 1:52 Az (1) Ceres kisbolygó ( $7^m8$ )  $9,0'$ -re az NGC 3626 galaxistól ( $11^m5$ )
- 01.07. 16:28 A Hold mögé belép a Celaeno ( $=16$  Tau, Fiastyúk halmaztag,  $5^m5$ , 83,0%-os növekvő holdfázis)
- 01.07. 16:28 A Hold elfedi a Fiastyúkot (M45, Plejádok, 83%-os, növekvő holdfázis)
- 01.07. 16:37 A Hold mögé belép az Electra ( $=17$  Tau, Fiastyúk halmaztag,  $3^m7$ , 83,0%-os növekvő holdfázis), kilépés 17:15-kor
- 01.07. 16:46 A Hold mögé belép a Taygeta ( $=19$  Tau, Fiastyúk halmaztag,  $4^m3$ , 83,1%-os növekvő holdfázis)
- 01.07. 16:58 A Hold mögé belép a Maia ( $=20$  Tau, Fiastyúk halmaztag,  $3^m9$ , 83,1%-os növekvő holdfázis), kilépés 18:07-kor
- 01.07. 17:10 A Hold mögé belép az Asterope ( $=21$  Tau, Fiastyúk halmaztag,  $3^m9$ , 83,1%-os növekvő holdfázis)
- 01.07. 17:11 A Hold mögé belép a 22 Tau (Fiastyúk halmaztag,  $6^m4$ , 83,2%-os növekvő holdfázis)

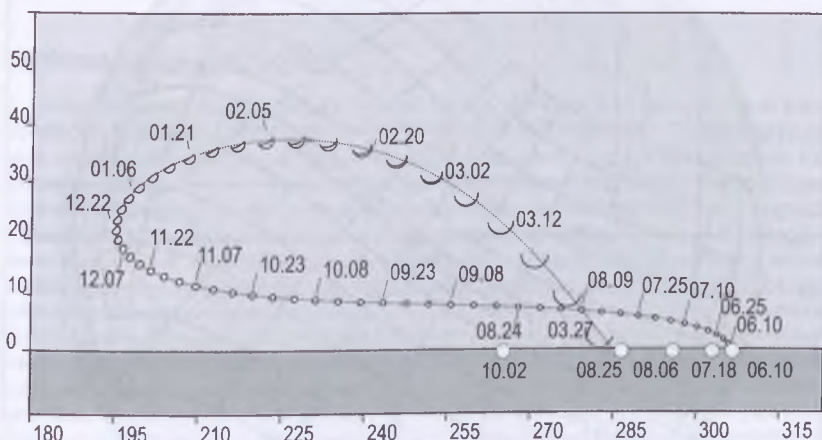


**Dátum Időpont Esemény**

01.07.	19:16	A Hold súrolva elfedi a ZC 562-t a déli pereme mentén ( $6^m6$ , 84,0%-os növekvő holdfázis)
01.08.	21:53	A Hold eléri legnagyobb deklinációját (+26,6°)
01.10.	10:58	A Hold földközélen (357 506 km, 2005,5', 99,2%-os fázis)
01.10.	15:49	A Merkúr $17'2''$ -re megközelíti az $\nu$ Cap-ot
01.11.	3:28	Telehold (a Gemini csillagképben)
01.11.	5:16	A C/2006 OF2 (Broughton)-üstökös $15'$ -re a $\delta$ Aur-tól
01.12.	19:48	A Hold mögül kilép a $\pi^2$ Cnc ( $5^m4$ , 95,9%-os csökkenő holdfázis)
01.14.	3:46	A Hold súrolva elfedi a 43 Leo-t a déli pereme mentén ( $6^m1$ , 87,5%-os csökkenő holdfázis)
01.14.	3:54	A Hold mögül kilép a 43 Leo ( $6^m1$ , 87,5%-os csökkenő holdfázis)
01.14.	16:32	A Vénusz $3' 57''$ -re megközelíti a $\delta$ Aqr-t
01.14.	21:24	Vénusz legnagyobb keleti elongációja: $47,1^\circ$ ( $-4^m4$ , $24,4''$ , 51% fázis, Aquarius csillagkép)
01.14.	22:47	A Hold mögül kilép a 65 Leo ( $5^m6$ , 81,0%-os csökkenő holdfázis)
01.16.	2:13	Az (1567) Alikoski kisbolygó ( $14^m1$ ) elfedi a TYC 2956-00625-1-t ( $11^m4$ )
01.16.	9:48	A Hold keleti librációja ( $l = 7,40$ )
01.17.	0:43	Vénusz dichotómiája (50,0% fázis, $47,1^\circ$ elong.)
01.17.	13:21	A Hold maximális librációja ( $l = 7,14$ , $b = 6,52$ )
01.18.	2:46	Utolsó negyed (a Virgo csillagképben)
01.19.	0:48	A Hold északi librációja ( $b = 6,87$ )
01.20.	3:34	Az (776) Berbericia kisbolygó ( $11^m7$ ) $11,3'$ -re az M37 nyílthalmaztól ( $6^m2$ )
01.20.	13:36	A Merkúr alsó együttállásban a Nappal (a Naptól 3,2 fokra)
01.21.	2:40	A (185) Eunike kisbolygó ( $11^m7$ ) elfedi a TYC 0196-01392-1-t ( $11^m2$ )
01.22.	8:26	A Hold eléri legkisebb deklinációját ( $-27,9^\circ$ )
01.22.	16:42	A Vénusztól ( $-4^m5$ , 46,9% fázis, $26,6''$ ) $1^\circ 13'$ -re az Uránusz ( $5^m9$ , $3,4''$ , Aquarius csillagkép)
01.22.	20:30	A (673) Edda kisbolygó ( $14^m9$ ) elfedi a UCAC2 38744206-t ( $11^m0$ )
01.23.	0:22	A Hold földtávolban (406 093 km, $1765,6''$ , 9,7%-os fázis)
01.24.	5:09	A (7) Iris kisbolygó ( $11^m3$ ) $3,0'$ -re az 51 Oph-tól
01.24.	5:42	A Jupiter együttállásban a Nappal ( $26' 26''$ -re a Naptól)
01.24.	7:34	A nappali égen a Hold mögül kilép a Nunki $\sigma =$ (Sgr, $2^m1$ , 3,7%-os csökkenő holdfázis)
01.25.	16:44	A 85P/Boethin-üstökös $30'$ -re az $\eta$ Psc-től
01.26.	7:55	Újhold (a Capricornus csillagképben)
01.26.	16:45	A 85P/Boethin-üstökös $13'$ -re az M74 galaxistól
01.27.	16:11	32óra16perces holdsarló 6,4 fok magasan az esti égen
01.30.	16:17	A 15,1%-os növekvő fázisú Holdtól $3^\circ 37'$ -cel délnyugatra a Vénusz (legkisebb távolsága 08:29-kor $1^\circ 36'$ )
01.30.	21:18	A (30) Urania kisbolygó ( $11^m0$ ) $1,0'$ -re a 44 Leo-tól
01.31.	18:57	A Hold nyugati librációja ( $l = -6,61$ )



01.04. A Merkúr legnagyobb keleti elongációja:  $19,3^\circ$  ( $-0^m6, 6,8''$ , 59% fázis, Capricornus csillagkép)



01.14. A Vénusz legnagyobb keleti elongációja:  $47,1^\circ$  ( $-4^m4, 24,4''$ , 51% fázis, Aquarius csillagkép)

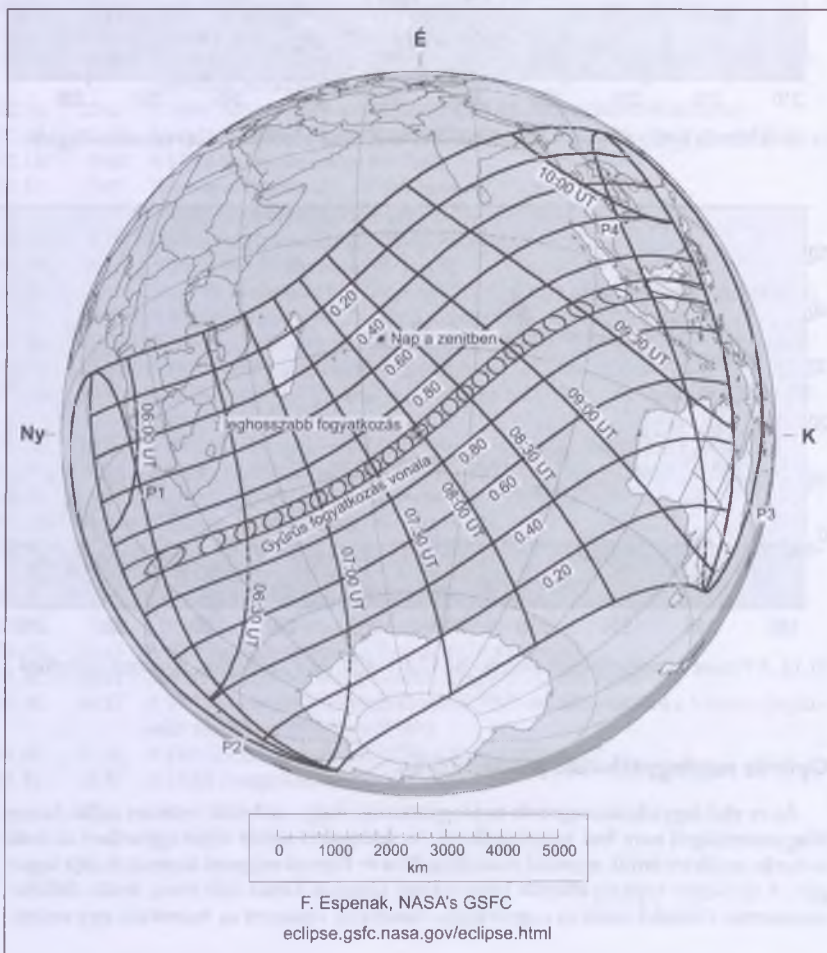
## Gyűrűs napfogyatkozás január 26-án

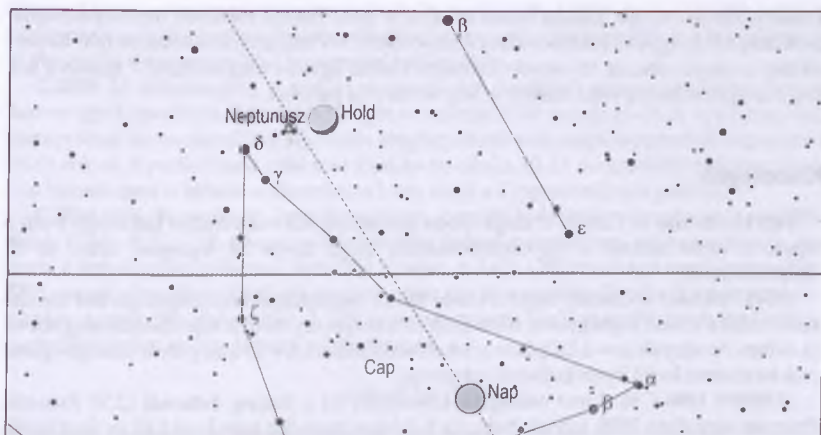
Az év első fogyatkozása gyűrűs napfogyatkozás, mely a délelőtti órákban zajlik. Sajnos Magyarországról nem lesz megfigyelhető. Az antiumbra szinte teljes egészében az Indiai-óceán területét érinti, egyedül Szumátra, Jáva és Borneó szigeteit keresztezi útja legvégén. A részleges napfogyatkozás látványában részesül Afrika déli része, India délkeleti szegmense, Délkelet-Ázsia és szigetvilága, Ausztrália, valamint az Antarktisz egy szelete.

A félárnyék először 4:56:38 UT-kor érinti a földfelszínt. Az antiumbra 6:02:39 UT-kor kezdi meg útját Afrikától délre, még az Atlanti-óceánon. A fogyatkozás maximumára 7:58:39 UT-kor kerül sor 73,4°-os napállás mellett. A gyűrűs fázis időtartama 7 perc 53,7 másodperc, az antiumbra 280,3 km széles, és kb. 2400 km-re délkeletre van Madagaszkár szigetétől. A fogyatkozás nagysága 0,9282. Az antiumbra 9:54:44 UT-kor válik el a Föld felszínéről, a Fülöp-szigetektől délre. A félárnyék 11:00:41 UT-kor hagyja el bolygónkat.

A Hold három napja volt földtávolban, így látszó mérete jóval kisebb az átlagosnál: 29,72'. A Föld 22 napja volt napközben, a Nap jóval nagyobbnak látszik az átlagosnál, látszó átmérője 32,49'. A kettő különbsége 2,77' – ez magyarázza a hosszú gyűrűs fázist.

Ez a fogyatkozás a 131-es Száorsz-sorozat 51. napfogyatkozása a 71-ből.





01.27. 16:11-kor a 32 óra 16 perces holdsarló 6,4 fok magasan az esti égen

## A Vénusz mint „esti csillag”

A legfényesebb bolygó január 14-én kerül legnagyobb keleti kitérésébe, ekkor 47 fokra távolodik el a Naptól. A kora esti ég látványos égitestjeként észlelhetjük. Dichotómiája, vagyis az 50%-os megvilágítottság fázisa néhány nappal később, január 17-én várható. Két hónappal később, március hónapban, az alsó együttállás felé közeledve, a nappali égen akár szabad szemmel is megfigyelhető marad a bolygó, mert hó végi (március 27.) együttállása idején 8,2 fokra lesz a Naptól északra. Ez a megfigyelhetőség határán van; természetesen nagyon kell vigyázni, nehogy a keresés vagy az észlelés során a Nap a távcső látómezejébe kerüljön, mert egy pillanat alatt megvakulhat az észlelő! Sokkal biztonságosabb megoldás, ha ezekben a napokban a vizuális észlelés helyett inkább webkamerával örökítjük meg a bolygó fázisát, a felhőzet részleteit – a távcső beállításához osztott köröket, vagy a számítógép-vezérlésű „menj-oda” (goto) rendszert használva, a számítógép monitorján ellenőrizzük a ráállás sikerességét. A Vénusz maximális látszó átmérője 59 ívmásodperc lesz, ami az emberi szem felbontóképességét eléri, ill. meg is haladhatja. Egy jobb szemű észlelő ilyenkor, az alsó együttállás környékén, szabad szemmel is észreveheti a



A Vénusz fázis- és méretváltozása 2004 elején. (Ladányi Tamás felvételsorozata 25,4 cm-es Cassegrain-távcsővel és webkamerával készült)



keskeny Vénusz-sarlót. Ekkora látszó átmérőt a többi bolygó esetében nem tapasztalhatunk még a legnagyobb szembenállások idején sem. A Vénusz fázisváltozásait már Kopernikusz is megjósolta, de távcsövön keresztül Galilei figyelte meg elsőként – igazolva azt, hogy az égitest nem a Föld, hanem a Nap körül rója pályáját.

## Kisbolygók

**(40) Harmonia.** A Gemini csillagképben mutatkozó 9,5 magnitúdós kisbolygó 1-jén 8 ívperccel délre látható a 82 Geminorumtól, majd 24-én 19 ívperccel délre az 57 Geminorumtól.

**(654) Zelinda.** A Cancer, majd a Canis Minor csillagképekben délnyugat felé mozgó aszteroidát a lehető legnagyobb, 10 magnitúdós fényesség mellett figyelhetjük meg ebben az évben. Az elnyúlt ( $e = 0,232$ ) és meglehetősen kibillent ( $i = 18$  fok) pályán mozgó égitest csak hétévente kerül ilyen kedvező helyzetbe.

**(136849) 1998 CS1.** Kinai csillagászok fedezték fel a Beijing Schmidt CCD Asteroid Program keretében 1998. február 9-én. Az 1–1,5 km átmérőjű kisbolygó 1,82 év alatt kerüli meg a Napot. Január 17-ei 0,029 CSE-s földközelsége a legjelentősebb lesz 2080-ig. A 12,5 magnitúdóig fényesedő kisbolygó ez idő tájt napi 20 fokot tesz meg az egünkön, így nem csoda, hogy pár nap alatt a Cancer csillagképből a Leo, az Ursa Maior és a Coma Berenices konstellációkon keresztül egészen a Bootesig jut.

## Üstökösök

**C/2007 N3 (Lulin).** Egy igen különleges üstököst fedezett fel 2007. július 11-én Quanzhi Ye, a tajvani Lulin Sky Survey operátora. Az akkor még 6,4 CSE távolságban járó égitest a bolygórendszeren áthaladva három nagybolygót is megközelít, melynek következtében millió éves keringési ideje 43 ezer évre csökken. A Jupitertől 2,460 CSE-re, a Marstól 0,099 CSE-re a Földtől pedig 0,411 CSE-re fog elhaladni. Számunkra a 2009. február 24-ei földközelség a legfontosabb, amely alig egy hónappal követi a január 10-ei napközelséget. A kedvező együttállás eredményeként az Oort-felhőből érkező vándor fényessége elérheti a 6–7 magnitúdót, vagyis az év egyik leglátványosabb üstököse lehet. A hajnali, délkeleti égen feltűnő 8–9 magnitúdós égitest január közepétől lesz megfigyelhető a Mérleg csillagképben. Maximális fényességét február közepén éri el, május végén pedig már el is tűnik az esti égen.

**85P/Boethin.** Leo Boethin tiszteletes fedezte fel 1975. január 4-én egy 20 cm-es tükrös teleszkóppal a Fülöp-szigeteki Abra városából. A 11,5 éves keringési idejű üstökös 1986-os visszatérést sikerrel észlelték, ám 1997-ben rejtve maradt az észlelők előtt. Ezek után mind fényessége, mind pontos helyzete bizonytalan kissé. A Naptól és a Földtől már távolodó, de még mindig gyorsan mozgó üstökös várható fényességére egyes előrejelzések 7–8 magnitúdót, mások 10–11 magnitúdót adnak meg. Ami bizonyos, hogy a Pisces csillagképben kell keresni, az esti égen. Az északkelet felé mozgó vándor január 26-án 13 ívpercre megközelíti az M74-et.

**144P/Kushida.** Egy japán amatőr csillagász hölgy, Yoshio Kushida fedezte 1994. január 8-án egy 10 cm-es kamerával készített TP 6415-ös filmen. A 10 magnitúdóig fényesedő égitestet akkoriban vizuálisan is észleltük, ám 7,5 éves keringési periódusa miatt 2001-ben nagyon kedvezőtlen helyzetben látszott. Mostani visszatérése azonban ismét remek



alkalmat kínál a megfigyelésére. A január 26-án napközbe kerülő ( $q=1,439$  CSE) üstökös az éjszaka nagyobb részében megfigyelhető a Taurus csillagképben. Ebben a hónapban éri el maximális fényességét 10–11 magnitúdó környékén.

**C/2008 A1 (McNaught).** A tavalyi esztendő első üstökösét az ausztrál Siding Spring Survey egyik operátora, Robert McNaught fedezte fel 2008. január 10-én. A nyári és az őszi hónapokban binokulárral is könnyedén megfigyelhető volt, napközelpontját szeptember 29-én érte el. A perihéliuma után már jócskán távolodó, 10–11 magnitúdós üstökös az esti és a hajnali égen is látható a Hercules, a Lyra, majd a Cygnus csillagképekben.

**C/2006 OF2 (Broughton).** John Broughton, ausztrál kisbolygóvadász fedezte fel 2006. július 17-én. A 7,7 CSE-s naptávolságban járó égitest még teljesen csillagszerű volt, így kapta a kisbolygókra jellemző 2006 OF2 jelölést. A 2,431 CSE távolságú napközelpontján 2008. szeptember 15-én áthaladó üstökös egész éjszaka megfigyelhető a Camelopardalis, majd az Auriga csillagképekben. A déli irányban mozgó, 11–12 magnitúdós égitest január 11-én 13 ípercre keletre látható a  $\delta$  Aurigae-től.

C/2007 N3 (Lulin)

Dátum	RA (h m s)	D (° ' ")	R (CSE)	r (CSE)	E (°)	$m_v$ (m)
01.01.	15 59 57	-19 41 10	1,823	1,222	39	8,7
01.11.	15 52 37	-19 20 39	1,568	1,212	51	8,3
01.21.	15 40 14	-18 42 35	1,281	1,223	64	7,9
01.31.	15 17 18	-17 22 32	0,973	1,253	80	7,4
02.10.	14 28 51	-13 56 46	0,668	1,301	102	6,8
02.20.	12 34 21	-03 17 54	0,440	1,363	142	6,1
03.02.	09 33 36	+14 09 46	0,467	1,439	160	6,4
03.12.	07 47 29	+20 30 28	0,729	1,523	124	7,6
03.22.	07 04 11	+21 53 50	1,061	1,616	104	8,7
04.01.	06 45 28	+22 16 14	1,406	1,714	89	9,6
04.11.	06 37 25	+22 22 57	1,747	1,817	78	10,3
04.21.	06 34 47	+22 24 17	2,075	1,922	67	10,9
05.01.	06 35 16	+22 22 59	2,384	2,030	58	11,5
05.11.	06 37 37	+22 19 58	2,672	2,138	48	11,9
05.21.	06 41 10	+22 15 35	2,934	2,248	40	12,4
05.31.	06 45 27	+22 09 55	3,170	2,359	31	12,7

85P/Boethin

Dátum	RA (h m s)	D (° ' ")	R (CSE)	r (CSE)	E (°)	$m_v$ (m)
01.01.	23 44 26	+04 03 58	0,878	1,168	78	8,6
01.11.	00 27 38	+09 01 43	0,901	1,203	79	8,9
01.21.	01 12 00	+13 40 25	0,944	1,251	81	9,3
01.31.	01 56 27	+17 41 59	1,010	1,312	82	9,9
02.10.	02 39 52	+20 55 32	1,098	1,381	83	10,5

Dátum	RA (h m s)	D (° ' ")	R (CSE)	r (CSE)	E (°)	m <sub>v</sub> (m)
02.20.	03 21 18	+23 18 48	1,207	1,459	83	11,2
03.02.	04 00 11	+24 56 02	1,334	1,541	82	11,9
03.12.	04 36 18	+25 54 21	1,477	1,628	80	12,6
03.22.	05 09 37	+26 21 20	1,634	1,718	77	13,3

## 144P/Kushida

Dátum	RA (h m s)	D (° ' ")	R (CSE)	r (CSE)	E (°)	m <sub>v</sub> (m)
01.01.	03 28 49	+15 50 30	0,609	1,469	133	10,8
01.11.	03 41 56	+15 39 00	0,635	1,450	126	10,7
01.21.	03 59 39	+15 48 19	0,669	1,441	120	10,8
01.31.	04 21 20	+16 11 36	0,713	1,440	115	10,9
02.10.	04 46 10	+16 40 34	0,765	1,448	111	11,1
02.20.	05 13 14	+17 07 21	0,826	1,465	107	11,4
03.02.	05 41 46	+17 25 40	0,896	1,490	104	11,7

## C/2008 A1 (McNaught)

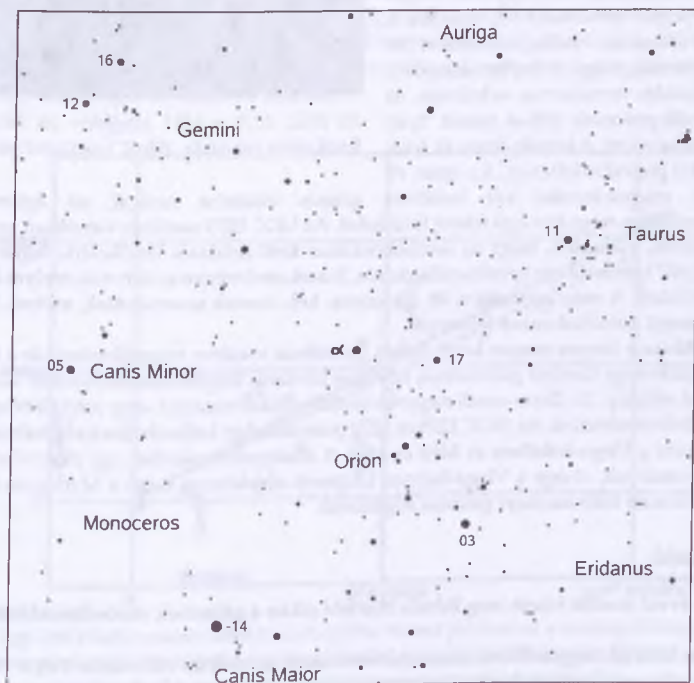
Dátum	RA (h m s)	D (° ' ")	R (CSE)	r (CSE)	E (°)	m <sub>v</sub> (m)
01.01.	18 51 36	+22 12 16	2,372	1,819	45	10,0
01.11.	19 11 09	+26 34 49	2,439	1,936	49	10,3
01.21.	19 30 56	+31 00 26	2,508	2,053	52	10,6
01.31.	19 50 58	+35 28 26	2,580	2,170	55	10,9
02.10.	20 11 18	+39 56 54	2,657	2,287	58	11,2
02.20.	20 31 59	+44 23 20	2,742	2,404	60	11,5
03.02.	20 53 05	+48 45 16	2,834	2,521	62	11,8

## C/2006 OF2 (Broughton)

Dátum	RA (h m s)	D (° ' ")	R (CSE)	r (CSE)	E (°)	m <sub>v</sub> (m)
01.01.	06 08 59	+56 38 54	1,830	2,700	146	11,1
01.11.	06 01 25	+54 17 38	1,895	2,748	144	11,3
01.21.	05 57 07	+51 42 00	1,984	2,799	139	11,5
01.31.	05 56 12	+49 01 52	2,096	2,853	132	11,7
02.10.	05 58 23	+46 25 07	2,231	2,910	125	11,9
02.20.	06 03 11	+43 56 44	2,383	2,969	117	12,1
03.02.	06 10 05	+41 38 58	2,552	3,030	110	12,3

## A Betelgeuze, az $\alpha$ Orionis

Az Orion „vállánál” található  $\alpha$  Orionis (Betelgeuze) a Naphoz legközelebb eső két vörös szuperóriás csillag egyike (a másik az Antares, az  $\alpha$  Scorpii). A legújabb kutatások szerint a Betelgeuze mintegy 640 fényévre található, így teljes fénykibocsátása kb. százezerszer múlja felül a Napét. Az M színképtípusú szuperóriásokra jellemző módon hatalmasra felfúvódott égitest, valódi átmérője közel ezerszer nagyobb a Napnál. Csillagfejlődési elméletek alapján a gigászi energiakibocsátású égitest tömege 20 naptömeg körüli lehet, kora pedig ennek megfelelően alig 10 millió év. Sorsa minden bizonnyal II-es típusú szupernóvaként való felrobbanás lesz néhány millió év múlva, ami néhány hétre jelenlegi fényességéhez viszonyítva 10–12 magnitúdónyi felfényesedést fog eredményezni – azaz ha nem változna a Naptól mért távolsága, szupernóvaként a telihold fényességével vetekedne! A csillag pulzációjából eredő félszabályos fényváltozás hosszú időn keresztül végzett gondos vizuális észlelésekkel észrevehető, nyomon követhető. Jó egy magnitúdónyi hullámszáma 400 napos és 2000 napos időskálákon történik, azaz vizuális észleléseit sok éven át érdemes folytatni. Megfigyelési szempontból nehézséget jelent az átlagosan 1 magnitúdós fényesség: a megfelelően fényes összehasonlító csillagok mind távol esnek az égen, illetve kékebb színűek a Betelgeuze-nél. Észlelése közben igyekezzünk rövid pillantásokkal felmérni a fényességviszonyokat, így csökkenthetjük a színkülönbösből eredő hibákat.



## Az NGC 1275 és a Perseus-galaxishalmaz

Kevés érdekesebb mélyég-célpontot találunk az NGC 1275 galaxisnál a Perseusban, mely négyszer messzebb van a Virgo-halmaznál, s luminozitása Tejútrendszerünkét tízszeresen múlja felül. A 4–5 fok átmérőjű Abell 426 (Per 1) galaxishalmaz központi objektuma. Első ránézésre elliptikusnak látszik, de hosszabb expozíciókon feltűnnek a magból sugárirányban kifelé nyúló, a Rák-köd-re emlékeztető szálak, valamint a felületét borító porsávok. Rádiósugárzása igen erős, emiatt Perseus A-nak is nevezik. Röntgensugárzása is jelentős, a látható sávban fényes magja van. Az ilyen típusú, fényes magú galaxisokat, melyek színeképében emissziós vonalak látszanak, Seyfert-galaxisoknak nevezzük. A csillagontó galaxis felületén sok fényes HII régió és sötét porsáv ismerhető fel, amelyek a gyors és folyamatos csillagkeletkezést jelzik. Valószínű, hogy a Seyfert-állapot a galaxisfejlődés természetes velejárója, az ismert csillagvárosok 10%-a mutat ilyen jellegzetességeket. A kvazár-korszak lezárulta utáni periódus lehet ez. Az egész világszerte megfigyelt két hatalmas galaxis ütközése szolgál, az égitest(ek) középpontjában nagy tömegű fekete lyuk lehet. Az NGC 1275 esetében vizuálisan nem látunk kísérőt. Valószínű, hogy az összeolvadóban lévő rendszer lentikuláris tagján épp most „lódul” keresztül egy spirális csillagváros. Ennek eredménye az aktivitás, melyet a HST is megerősített. A mag környékén kb. 50 fényes, kék csomót azonosítottak, melyek fiatal, nagy tömegű gömbhalmazok lehetnek.



Az NGC 1275 a HST felvételén. Jól látszik a lentikuláris galaxisba „élével” beleütköző spirális.

Vizuálisan a fényes magon kívül nehéz bármilyen részletet megpillantani, de a távoli halmaz több nagy tömegű galaxisának együttes látványa kárpótolhat bennünket. Kis műszerekkel néhány, 20–25 cm-esnél nagyobb távcsővel akár tucatnyi vagy még több tagot is megkülönböztethetünk. Az NGC 1275 és 1272 pontosan úgy helyezkednek el a halmaz közepén, mint a Virgo-felhőben az M84 és M86. A középpont galaxisai egy jól érzékelhető láncot formáznak, ahogy a Virgo-halmaz központi objektumai is (ez a Markarian-lánc). Fotografikusan több tucatnyi galaxisa rögzíthető.

## Évforduló

Hetven évvel ezelőtt jelent meg Edwin Hubble cikke a galaxisok vöröseltolódásáról

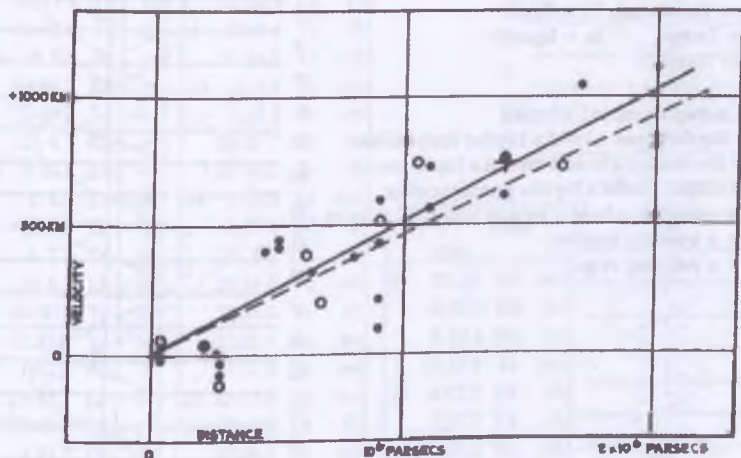
Vitán felül áll, hogy a XX. század elejének fizikája alapjaiban változtatta meg a világról alkotott elképzeléseinket. A relativitáselmélet és a kvantummechanika a két ismertebb el-



mélet, azonban a világban elfoglalt helyzetünket illetően a galaxisok mibenlétének felismerése tette igazán „helyére” elképzeléseinket, hiszen még a híres Nagy Vita során Harlow Shapley és Heber Curtis sem jutott dűlőre az éjszakai égbolton távcsővel ezer- és ezerszám megfigyelhető kisméretű homályos foltcskák fizikai mivoltát illetően. Minden túlzás nélkül mondhatjuk, hogy a „Tejútrendszer egyenlő Univerzum” és a „ködfoltok mind-mind távoli csillagvárosok” elméletek összecsapásában Hubble vizsgálatai döntő szerepet játszottak – és ma már bizonyosan tudjuk, hogy az utóbbi javára.

Edwin Powell Hubble (1889. november 20. – 1953. szeptember 28.) kanyargós úton érkezett meg korszakalkotó felfedezéseihez: volt középiskolai tanár és kosárlabdaedző, de az ügyvédi kamarának is tagja volt jogi tanulmányai miatt. A Yerkes Observatóriumban szerzett doktori fokozatot 1917-ben, disszertációjának címe „Halvány ködök fotográfiai vizsgálata” volt. 1919-ben a kaliforniai Wilson-hegyi obszervatórium alapítója és igazgatója, G. E. Hale ajánlott fel állást a fiatal Hubble-nak, amelyet az el is fogadott, és haláláig az intézet munkatársa volt.

Világegyetemünk igazi szerkezetének megismerésében Hubble mellett meg kell említenünk Vesto Slipher és Milton Humason nevét. Az előbbi már 1912-ben észrevette az M31 színekpvonalainak eltolódását, ami akkoriban elképzelhetetlenül nagy sebességű mozgásra utalt, az utóbbi pedig Hubble asszisztenseként rendkívül sokat tett az ügyért, sajnos neve feledésbe merült. A Hubble-(Humason)-törvény szerint minél messzebb van egy objektum, annál nagyobb a vöröseltolódása, azaz annál nagyobb sebességgel távolodik tőlünk. Matematikai formában  $v = H_0 \cdot r$ , ahol  $H_0$  az úgynevezett Hubble-állandó (helyesebben Hubble-paraméter, hiszen időfüggő), jelenlegi értéke 70 km/s/Mpc. Ez a korszakalkotó felfedezés vezetett a de Sitter- és Einstein-féle statikus univerzumok elvetéséhez és Fridman–Lemaître táguló univerzum modelljének széles körű elfogadásához, s így jelenlegi kozmológiánk megteremtéséhez.



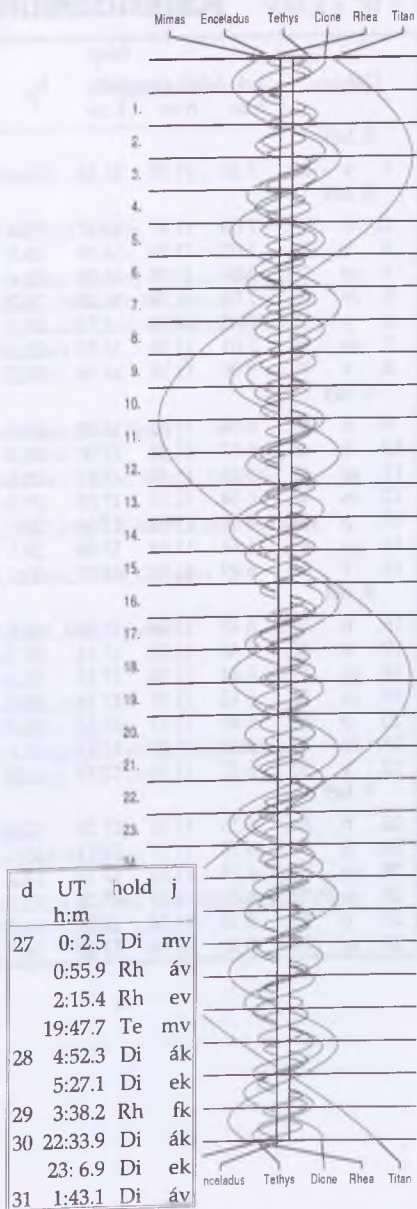
Egy ábra Hubble eredeti cikkéből. 46 ködfoltra vannak feltüntetve a sebesség-távolság pontpárok. A fekete pöttyök a folytonos vonallal az egyedi ködök alapján születtek, az üres körök a szaggatott vonallal a csoportosított adatokat jelzik.





# Szaturnusz-holdak

d	UT	hold	j	d	UT	hold	j
	h:m				h:m		
2	0:59.5	Rh	fk	17	20:32.6	Rh	ák
	4:41.2	Te	ák		21:37.1	Rh	ek
	4:52.6	Di	fk	18	0: 0.1	Rh	áv
	5:16.6	Te	ek		1:31.8	Rh	ev
3	3:19.8	Te	fk		5:48.5	Te	fk
4	1:59.8	Te	ák	19	4:28.4	Te	ák
	2:34.7	Te	ek		4:58.6	Te	ek
	4:54.7	Te	áv		23:47.5	Di	ák
	5:33.6	Te	ev	20	0:27.2	Di	ek
	22:34.1	Di	fk		2:45.0	Rh	fk
5	0:38.4	Te	fk		2:55.1	Di	áv
	2:41.5	Di	mv		3: 7.1	Te	fk
	4:13.0	Te	mv		3:47.0	Di	ev
	23:18.3	Te	ák	21	1:47.0	Te	ák
	23:52.9	Te	ek		2:16.4	Te	ek
6	2:13.4	Te	áv		4:42.9	Te	áv
	2:51.7	Te	ev		5:15.4	Te	ev
	21:56.9	Te	fk	22	0:25.7	Te	fk
7	1:31.1	Te	mv		3:54.5	Te	mv
	21:10.9	Te	ek		20:37.0	Di	áv
	22:14.5	Ti	ev		21:26.9	Di	ev
	23:32.0	Te	áv		23: 5.6	Te	ák
8	0: 9.8	Te	ev		23:34.2	Te	ek
	20:50.3	Rh	ek	23	2: 1.6	Te	áv
	22:49.2	Te	mv		2:33.2	Te	ev
	23: 4.1	Rh	áv		20:27.7	Ti	ev
9	0:45.6	Rh	ev		21:44.3	Te	fk
	1: 1.4	Di	ák	24	1:12.3	Te	mv
	1:46.0	Di	ek		2:25.1	Di	fk
	4: 7.2	Di	áv		20: 5.7	Rh	mv
	5: 6.2	Di	ev		20:24.2	Te	ák
	20:50.7	Te	áv		20:52.0	Te	ek
	21:27.9	Te	ev		23:20.3	Te	áv
11	1:52.3	Rh	fk		23:51.0	Te	ev
	21:49.1	Di	áv	25	22:30.0	Te	mv
	22:46.6	Di	ev	26	20: 6.7	Di	fk
13	3:38.7	Di	fk		20:39.1	Te	áv
15	21:20.3	Di	fk		21: 8.7	Te	ev
	23:15.4	Ti	mv		21:25.4	Rh	ák
16	1:23.0	Di	mv		22:21.8	Rh	ek



$\lambda = 19^\circ, \varphi = 47,5^\circ$ **Kalendárium – február**

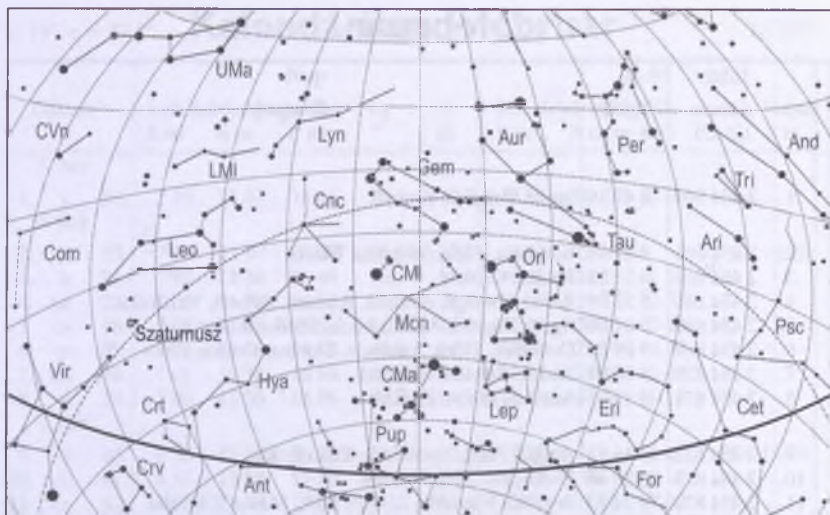
KÖZEI

Dátum	Nap					Hold			fázis h m
	kel, h m	delel, h m	nyugszik h m	$h_d$ °	$E_t$ m	kel, h m	delel, h m	nyugszik h m	
5. hét									
1. v 32.	7 10	11 57	16 46	25,5	-13,6	9 12	16 25	23 55	
6. hét									
2. h 33.	7 08	11 57	16 47	25,8	-13,7	9 35	17 16	-	☉ 0 13
3. k 34.	7 07	11 58	16 49	26,1	-13,8	10 05	18 11	1 13	
4. sz 35.	7 06	11 58	16 50	26,4	-13,9	10 45	19 12	2 32	
5. cs 36.	7 04	11 58	16 52	26,7	-14,0	11 38	20 15	3 46	
6. p 37.	7 03	11 58	16 53	27,0	-14,1	12 48	21 19	4 50	
7. sz 38.	7 01	11 58	16 55	27,3	-14,1	14 09	22 22	5 41	
8. v 39.	7 00	11 58	16 56	27,7	-14,2	15 35	23 20	6 19	
7. hét									
9. h 40.	6 58	11 58	16 58	28,0	-14,2	17 00	-	6 47	☉ 15 49
10. k 41.	6 57	11 58	17 00	28,3	-14,2	18 23	0 14	7 11	
11. sz 42.	6 55	11 58	17 01	28,6	-14,3	19 42	1 05	7 30	
12. cs 43.	6 54	11 58	17 03	29,0	-14,3	20 58	1 53	7 49	
13. p 44.	6 52	11 58	17 04	29,3	-14,2	22 12	2 39	8 07	
14. sz 45.	6 51	11 58	17 06	29,6	-14,2	23 25	3 25	8 27	
15. v 46.	6 49	11 58	17 07	30,0	-14,2	-	4 12	8 50	
8. hét									
16. h 47.	6 47	11 58	17 09	30,3	-14,1	0 36	5 00	9 17	☉ 22 38
17. k 48.	6 46	11 58	17 11	30,7	-14,0	1 44	5 50	9 51	
18. sz 49.	6 44	11 58	17 12	31,0	-14,0	2 45	6 40	10 33	
19. cs 50.	6 42	11 57	17 14	31,4	-13,9	3 39	7 31	11 24	
20. p 51.	6 40	11 57	17 15	31,7	-13,8	4 23	8 22	12 24	
21. sz 52.	6 39	11 57	17 17	32,1	-13,7	4 58	9 10	13 29	
22. v 53.	6 37	11 57	17 18	32,5	-13,5	5 26	9 58	14 37	
9. hét									
23. h 54.	6 35	11 57	17 20	32,8	-13,4	5 49	10 43	15 46	
24. k 55.	6 33	11 57	17 21	33,2	-13,3	6 09	11 27	16 56	
25. sz 56.	6 31	11 57	17 23	33,6	-13,1	6 26	12 10	18 06	☉ 2 36
26. cs 57.	6 30	11 57	17 24	33,9	-13,0	6 43	12 53	19 17	
27. p 58.	6 28	11 56	17 26	34,3	-12,8	7 00	13 37	20 29	
28. sz 59.	6 26	11 56	17 27	34,7	-12,6	7 19	14 24	21 45	

## február

nap	Julián dátum 12 <sup>h</sup> UT	$\theta_{gr}$ 0 <sup>h</sup> UT h m s	névnapok
1.	2 454 864	8 45 19	Ignác, Brigitta, Kincső
2.	2 454 865	8 49 16	Karolina, Aida, Johanna, Mária
3.	2 454 866	8 53 13	Balázs, Oszkár
4.	2 454 867	8 57 09	Ráhel, Csenge, András, Andrea, Róbert, Veronika
5.	2 454 868	9 01 06	Ágota, Ingrid, Agáta, Alida, Etelka, Kolos
6.	2 454 869	9 05 02	Dorottya, Dóra, Amanda, Dorina, Dorka, Réka
7.	2 454 870	9 08 59	Tódor, Rómeó, Richárd
8.	2 454 871	9 12 55	Aranka, János, Zsaklin
9.	2 454 872	9 16 52	Abigél, Alex, Apollónia, Erik, Erika
10.	2 454 873	9 20 48	Elvira, Ella, Pál, Vilmos
11.	2 454 874	9 24 45	Bertold, Marietta, Dezső, Elek, Mária, Titanilla
12.	2 454 875	9 28 42	Livia, Lídia, Lilla
13.	2 454 876	9 32 38	Ella, Linda, Gergely, Gergő, Katalin, Leila, Levente
14.	2 454 877	9 36 35	Bálint, Valentin
15.	2 454 878	9 40 31	Kolos, Georgina, Alfréd, Gina, Györgyi
16.	2 454 879	9 44 28	Julianna, Lilla, Dániel, Illés, Sámuel
17.	2 454 880	9 48 24	Donát, Alex, Elek
18.	2 454 881	9 52 21	Bernadett, Simon
19.	2 454 882	9 56 17	Zsuzsanna, Eliza, Elizabet
20.	2 454 883	10 00 14	Aladár, Álmos, Elemér, Leona
21.	2 454 884	10 04 11	Eleonóra, György, Leona, Leonóra, Nóra, Péter
22.	2 454 885	10 08 07	Gerzson, Gréta, Margit, Pál, Péter
23.	2 454 886	10 12 04	Alfréd, Ottó, Péter
24.	2 454 887	10 16 00	Mátyás, Darinka, Hedvig, János
25.	2 454 888	10 19 57	Géza, Vanda
26.	2 454 889	10 23 53	Edina, Alexander, Géza, Győző, Izabella, Sándor, Viktor
27.	2 454 890	10 27 50	Ákos, Bátor, Antigoné, Gábor, László
28.	2 454 891	10 31 46	Elemér, Antónia





*A déli égbolt február 15-én 20:00-kor (KÖZEI)*

## Bolygók

**Merkúr:** A hónap elején egy és negyed órával kel a Nap előtt. 14-én van legnagyobb nyugati kitérésben,  $26^\circ$ -ra a Naptól. Noha egész hónapban megfigyelhető, láthatósága nem kedvező az ekliptika horizonthoz viszonyított kis hajlásszöge miatt. A hónap folyamán lassan közeledik a Naphoz, a hó végén bő fél órával kel előtte.

**Vénusz:** Az esti égbolt legfeltűnőbb égitestje, magasan a délnyugati látóhatár felett. A hónap elején több mint négy órával a Nap után nyugszik, ez az érték hónap végére három órára csökken. Fényessége  $-4^m5$ -ről  $-4^m6$ -ra, átmérője  $28''$ -ről  $45''$ -re nő, fázisa 0,41-ről 0,19-re csökken. Legnagyobb fényességét 21-én éri el,  $-4^m6$ -val.

**Mars:** Előretartó mozgást végez a Nyilas, majd a Bak csillagképben. Felkeresése a hónap második felétől megkísérelhető a hajnali szürkületben, a délkeleti ég alján. A hónap végén is csak negyven perccel kel a Nap előtt. Fényessége  $1^m2$ , átmérője  $4''$ -ről  $4,1''$ -re nő.

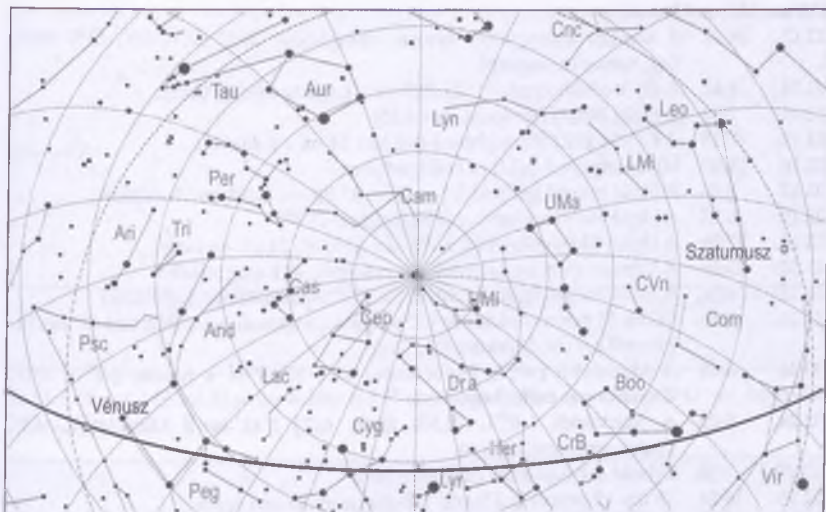
**Jupiter:** A hónap végén már kereshető a hajnali szürkületben a délkeleti ég alján, a Bak csillagképben. Ekkor egy órával kel a Nap előtt. Fényessége  $-1^m9$ , átmérője  $33''$ .

**Szaturnusz:** Hátráló mozgást végez az Oroszlán csillagképben. Este kel, az éjszaka nagy részében látható. Fényessége  $0^m6$ , átmérője  $20''$ .

**Uránusz:** A hónap első felében még megkereshető sötétedés után a Vízöntő csillagképben. Kora este nyugszik.

**Neptunusz:** A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. 12-én együttállásban a Nappal.





*Az északi égbolt február 15-én 20:00-kor (KÖZEI)*

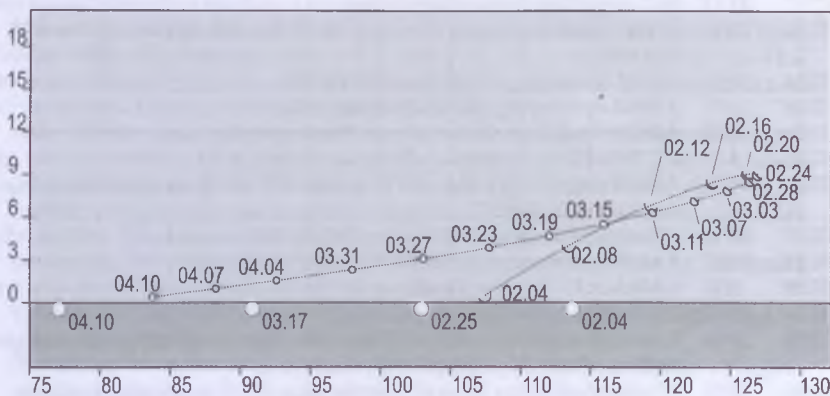
## Eseménynaptár

### Dátum Időpont Esemény

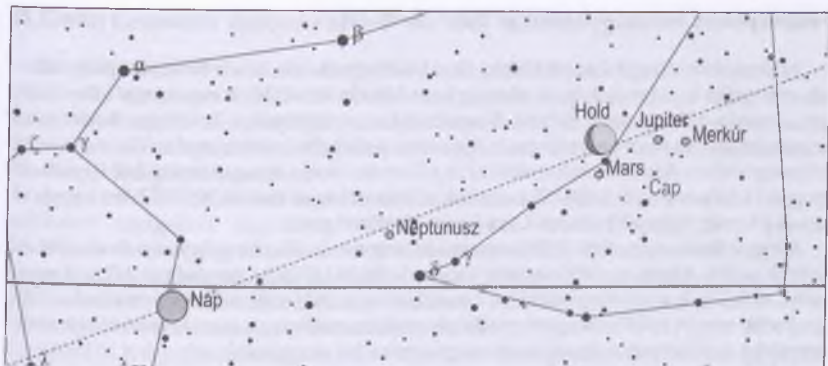
02.02.	14:30	A Hold déli librációja ( $b = -6,79$ )
02.02.	19:42	A Hold mögé belép a 26 Ari ( $6^m 1, 48,4\%$ -os növekvő holdfázis)
02.02.	23:13	Első negyed (az Aries csillagképben)
02.02.	23:55	A 144P/Kushida-üstökös $22'$ -re a $\theta^1$ és $\theta^2$ Tau-tól, valamint $1,9'$ -re a 75 Tau-tól
02.04.	20:09	A (216) Kleopatra ( $11^m 8$ ) $1,9'$ -re a 73 Psc-től
02.05.	18:37	A Hold eléri legnagyobb deklinációját ( $+26,7^\circ$ )
02.06.	0:27	A 144P/ Kushida-üstökös $1,8'$ -re az Aldebarantól ( $\alpha$ Tau),
02.06.	4:55	A C/2007 N3 (Lulin)-üstökös $27'$ -re az $\alpha^1$ és $\alpha^2$ Lib-től
02.06.	19:59	A Hold mögé belép a Mecsuta ( $= \epsilon$ Gem, $3^m 1, 89,1\%$ -os növekvő holdfázis), kilépés 21:05-kor
02.07.	20:16	A Hold földközeli (361 506 km, $1983,3^\circ$ , $95,5\%$ -os fázis)
02.08.	13:02	A Merkúr dichotómiája ( $50,0\%$ fázis, $25,4^\circ$ elongáció)
02.09.	5:27	A Merkúr $11' 6''$ -re megközelíti az 56 Sgr-t
02.09.	14:49	Telehold (a Leo csillagképben)
02.09.	16:01	Félárnyékos holdfogyatkozás (Félárnyék nagysága: $0,919$ , a Leo csillagképben, félárnyékból kilépés 16:40-kor)
02.10.	23:02	A Hold mögül kilép a 35 Sex ( $6^m 2$ kettőscsillag, $97,5\%$ -os csökkenő holdfázis)
02.11.	4:48	A C/2007 N3 (Lulin)-üstökös $12'$ -re a $\lambda$ Vir-től
02.12.	1:03	A C/2006 OF2 (Broughton)-üstökös $9'$ -re a $\pi$ Aur-tól
02.12.	12:41	A Neptunusz együttállásban a Nappal ( $21' 28''$ -re a Naptól)
02.13.	17:57	A Hold keleti librációja ( $l = 6,46$ )

**Dátum Időpont Esemény**

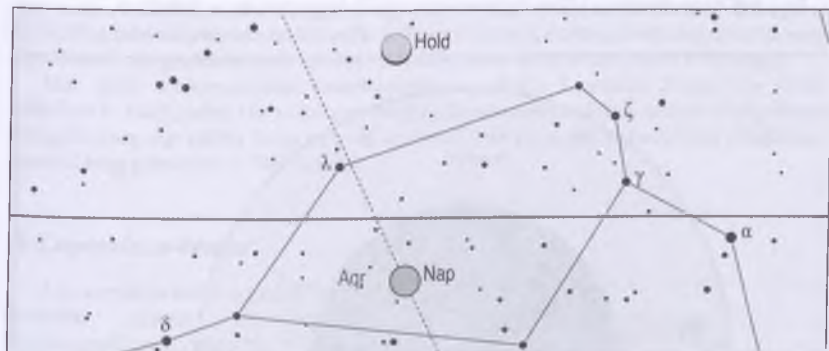
02.13.	20:43	A Merkúr legnagyobb nyugati elongációja: $26,1^\circ$ ( $0^m0$ , $6,9''$ , 61% fázis, Sagittarius csillagkép)
02.14.	4:44	A (7) Iris kisbolygó ( $11^m2$ ) $32,0'$ -re a Lagúna-ködtől (M8)
02.15.	7:54	A Hold északi librációja ( $b = 6,85$ )
02.15.	17:13	A C/2006 OF2 (Broughton)-üstökös $14'$ -re a $\beta$ Aur-tól
02.16.	21:38	Utolsó negyed (a Libra csillagképben)
02.17.	2:50	A Hold mögül kilép az 1 Sco ( $4^m6$ , 47,9%-os csökkenő holdfázis)
02.19.	5:32	A Hold eléri legkisebb deklinációját ( $-27,8^\circ$ )
02.19.	17:05	A Hold földtávolban (405 093 km, $1769,9''$ , 24,6%-os fázis)
02.20.	23:19	A Vénusz eléri legnagyobb fényességét, $-4,6$ magnitúdót
02.21.	4:36	A Hold mögül kilép a $\chi$ Sgr ( $5^m0$ , 13,7%-os csökkenő holdfázis)
02.23.	5:05	44 óra 30 perces holdsarló $1,7^\circ$ magasan a hajnali égen (Marstól $47'$ -re, Jupitertől $2,6^\circ$ -ra, Merkúrtól $3,7^\circ$ -ra)
02.24.	5:02	A Merkúrtól ( $-0^m1$ , 74,5% fázis, $6,0''$ ) $35'18''$ -re a Jupiter ( $-2^m0$ , $33,0''$ , Capricornus csillagkép)
02.24.	5:02	A Merkúrtól ( $-0^m1$ , 74,5% fázis, $6,0''$ ) $3^\circ41'$ -re a Mars ( $1^m2$ , $4,1''$ , Capricornus csillagkép)
02.25.	1:36	Újhold (az Aquarius csillagképben)
02.25.	16:54	15 óra 19 perces holdsarló $1,4^\circ$ magasan az esti égen
02.25.	17:28	A 85P/Boethin-üstökös áthalad a Fiastyúkon (02.25–02.26.)
02.26.	16:55	39 óra 20 perces holdsarló $12,4^\circ$ magasan az esti égen
02.27.	9:34	A Hold nyugati librációja ( $l = -5,51$ )
02.27.	23:16	A C/2007 N3 (Lulin)-üstökös $41'$ -re a Regulustól ( $\alpha$ Leo)



02.13. A Merkúr legnagyobb nyugati elongációja:  $26,1^\circ$  ( $0^m0$ ,  $6,9''$ , 61% fázis, Sagittarius csillagkép)



02.23. 5:05-kor a 44 óra 30 perces holdsarló 1,7° magasan a hajnali égen (Marstól 47' -re, Jupitertől 2,6°-ra, Merkúrtól 3,7°-ra)



02.25. 16:54-kor a 15 óra 19 perces holdsarló 1,4° magasan az esti égen



02.26. 16:55-kor a 39 óra 20 perces holdsarló 12,4° magasan az esti égen

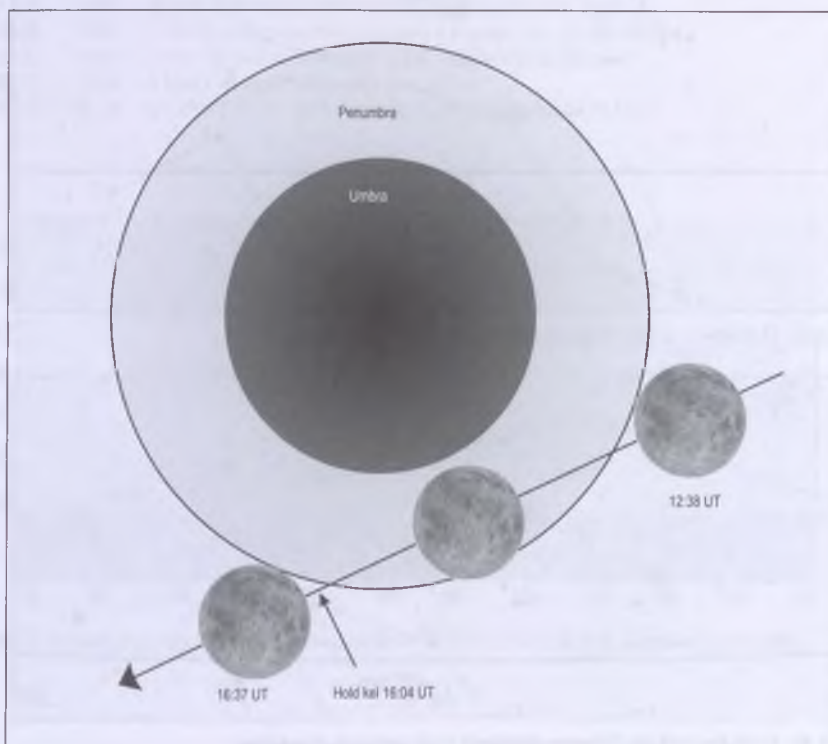
## Félárnyékos holdfogyatkozás február 9-én

Az év első holdfogyatkozása félárnyékos holdfogyatkozás, és két héttel a napfogyatkozás után zajlik le, február 9-én. A jelenség kora délután kezdődik és napnyugta után ér véget – vagyis tőlünk nem látható. Szerencsénkre a félárnyékos holdfogyatkozás nem számít igazán látványos eseménynek, így semmi érdekesről nem maradunk le. A jelenség teljes egészében Ázsiából, Ausztráliából és a Csendes-óceán nyugati térségéből figyelhető meg. A Hold pereme 12:36:50 UT-kor érinti a félárnyékot, és csak 16:39:39 UT-kor hagyja el azt. A jelenség teljes időtartama 4 óra 2 perc 49 másodperc.

A fogyatkozás nagysága  $-0,083$  magnitúdó, vagyis a holdkorong éppen csak elkerüli az árnyék szélét. A legnagyobb közelség idején, 14:38:16 UT-kor a távolságuk  $2,716'$ . Éppen ezért, akik látják a fogyatkozást, a holdkorong északi szélének enyhe sötétedését figyelhetik meg. A holdkorong a fogyatkozás maximumában sem merül egészen bele a félárnyékba. A félárnyékos fogyatkozás nagysága  $0,9244$  magnitúdó.

A Hold az Oroszlán csillagkép nyugati felében tartózkodik,  $1,77$  nappal van földközelsége után, így látszó átmérője a fogyatkozáskor  $32' 49,6''$ . Az umbra átmérője  $1^{\circ}29,2'$ , a penumbra látszó mérete  $2^{\circ}36'$ .

Ez a holdfogyatkozás a 143-as Szárosz-sorozat 18. fogyatkozása a 73-ból.





## A Delta Leonidák meteorraj

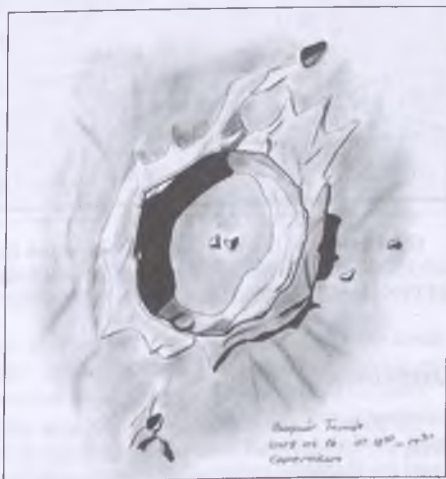
Ennek az alacsony aktivitású kis rajnak a jelentkezési időszaka február 5. és március 10. közé esik. Maximuma február 25-én esedékes, amikor átlagosan három rajtag látható óránként. A radiáns a Leo csillagkép közepén helyezkedik el. A rajtagok átlagfényessége 2,8 magnitúdó. A legújabb kutatások kapcsolatba hozzák a (4450) Pan kisbolygóval mint lehetséges szülőobjektummal.

A raj története a 20. század elején kezdődik, de már a 19. században is említést tesznek valószínű rajtagokról. Legelőször William Frederick Denning említi: 1911. február 19–március 1. közötti észlelései során hét meteort rajzolt fel ebből az ismeretlen rajból. A rajtagokat lassúnak és nyomot hagyónak jellemzi. Húsz évvel később többen is észlelik a rajt és hasonló koordinátákat kapnak a radiánsra, mint Denning. Igazából az '50-es és '60-as évek fotografikus és rádióviszhangos észlelései igazolták a raj létét. 1971-ben Lindblad 24 fotografikus rajtagból számított radiánst és meghatározta a láthatósági periódust is, melyet február 5. és március 19. közé tett. 1961 és 1965 között Sekanina egy monumentális rádióviszhangos méréssorozatot keretében szintén mérte a rajt: ő február 9. és március 12. közé tette a raj aktivitását, február 19-i maximummal. Néhány évvel később egy másik rádiós felmérés elkülönített egy halványabb rajtagokat tartalmazó déli ágat is. Ezek főleg teleszkopikusan észlelhetők. A '70-es évek végi és '80-as évek eleji vizuális megfigyelések is megerősítik mind az aktivitási időszakot, mind a maximum időpontját.

Más aktív meteorrajokkal összehasonlítva a Delta Leonidák történelme rövid. 1985-ben K. Fox (Queen Mary College, Anglia) 53 meteorraj múltbeli és a jövőbeli pályáját vizsgálta meg. Azt találta, hogy ez a raj az elmúlt ezer és az elkövetkező ezer évben nem közelíti meg jelentősen a Föld pályáját.

## A Copernicus-kráter

A Copernicus-kráter az egyik legismertebb alakzat a Holdon. Szelénografikus koordinátái: 9,7° északi szélesség és 20° nyugati hosszúság. Másként fogalmazva: a Mare Insularum északi szélén, a holdbéli Kárpátoktól közvetlenül délre találjuk. Méretei lenyűgözőek: átmérője 93 km, mélysége a kráter peremétől számítva 3760 méter, a sáncfala pedig 900 méterre magasodik a környező síkság fölé. Összetett központi csúcsa is 1200 méteres, azaz magasabb, mint a mi Kékes-tetőnk. Viszonylag fiatal, maximum 1,1 milliárd éves lehet. Magasabb napállásnál gyönyörűen látható hatalmas, világos sugárrendszere, melyet a kráter kialakító test becsapódásakor kirobbant törmelék visszahullása hozott létre. Ezt a fiatal anyagot a



Bognár Tamás rajza a Copernicus-kráterről.

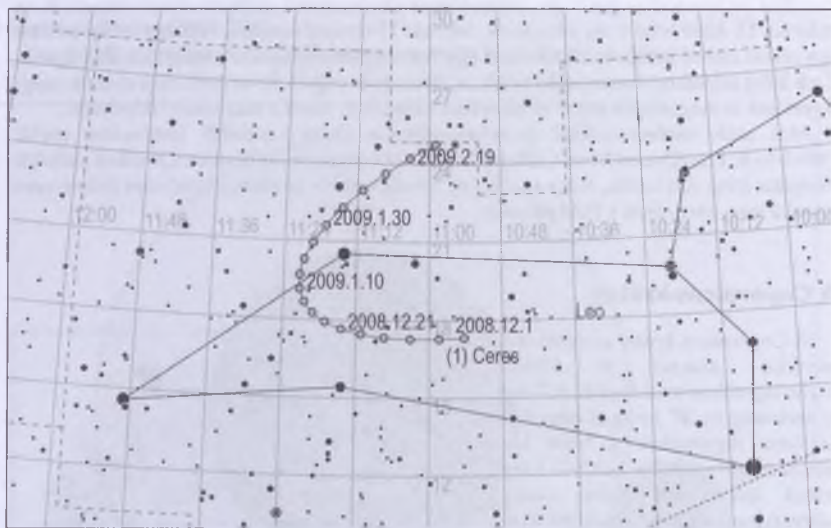


közmikus erózió még nem sötétítette el, vastartalma még nem oxidálódott, így feltűnő jelenség, még szabad szemmel is könnyedén kivehető.

A Copernicus-kráter az újhold utáni kilencedik naptól kereshetjük meg. Félelmetesen szép látvány a terminátoron lévő hatalmas kráter. Belseje ekkor még árnyékkal borított, csak a keleti külső, illetve a nyugati belső sáncfalakat éri a napfény. Kráterünk a következő napon mutatkozik meg igazi pompájában, amikor a központi csúcs is láthatóvá válik. Ekkor a falak teraszos szerkezete is jól megfigyelhető, akár kis távcsövön át is.

## Kisbolygók

(1) Ceres. A legnagyobb kisbolygót az elméletileg lehetséges legnagyobb fényességében láthatjuk, mivel néhány héttel napközelsége után kerül földközelsébe. A 7 magnitúdós égitest a Leo csillagképben halad északnyugat felé. Február 18-án 11 ípperccel északra látható a 6,5 magnitúdós 64 Leonistól.



(27) Euterpe. A Leo és a Cancer csillagképek határán figyelhetjük meg ezt a 9 magnitúdós kisbolygót. A hónap első két napján a több halvány galaxisból álló NGC 2454 csoporttól 13 ípperccel északra látható.

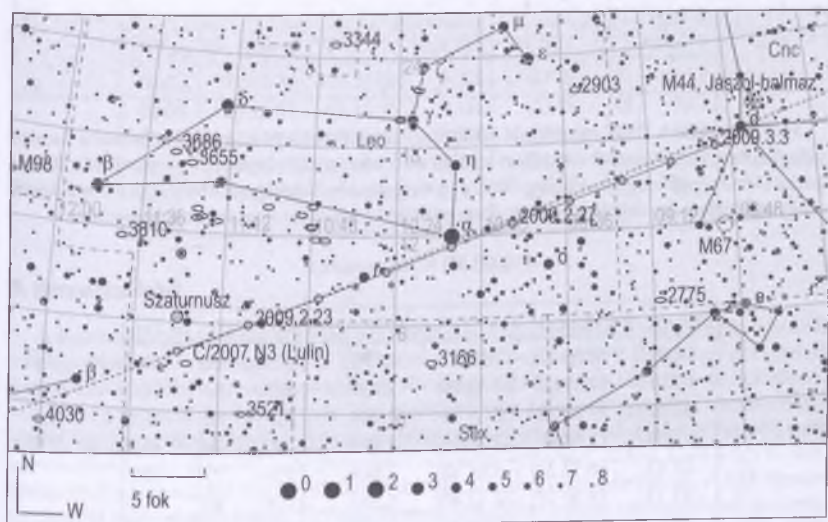
## Üstökösök

22P/Kopff. Az év várhatóan legfényesebb rövid periódusú üstökösét August Kopff fedezte fel Heidelbergből 1906. augusztus 23-án. Az átlagosan 6,3 éves keringési idejű kométát azóta egy kivétellel minden napközelsége alkalmával észlelték, így az idei már a 15. visszatérése lesz. Jelenlegi 6,44 éves keringési idejének megfelelően minden második napközelsé-

ge történik kedvező helyzetben. Legutóbb 1983-ban és 1996-ban volt vizuálisan is elérhető, amikor hazánkból is sokan észlelték. Idén két és fél hónappal napközelsége után, augusztus 4-én kerül földközelse 0,775 CSE távolságban. Ebben a hónapban még csak a nagyobb távcsővel észlelő és korán kelő amatőrök láthatják a hajnali, délkeleti égen, az Ophiuchus, majd a Sagittarius csillagképekben. A gyorsan fényesedő 11–12 magnitúdós üstökös február 18-án elhalad az egymástól 1,1 fokra látható M9 és NGC 6342 gömbhalmazok között.

**P/2003 K2 (Christensen).** A földközeli üstökösök csoportjába tartozó vándornak a mostani lesz az első visszatérése, így koordinátái kissé bizonytalanok. A Merkúr és a Vénusz pályája között húzódó napközelpontjából kifelé tartva február 5-én 0,331 CSE-re megközelíti bolygónkat. A hajnali égen, az Aquila csillagképből több másik konstelláció érintésével a Herculesig jutó üstökös a hónap elején éri el maximális fényességét 10 magnitúdó körül, ám a hónap végére várhatóan 12 magnitúdó alá halványodik.

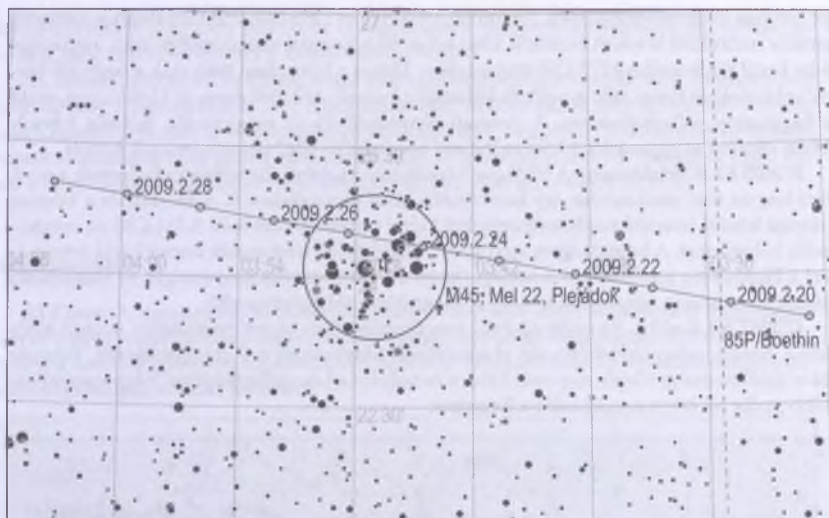
**C/2007 N3 (Lulin).** Az egész éjszaka megfigyelhető, és egyre gyorsabban mozgó üstökös a hónap második felében éri el maximális fényességét 6–7 magnitúdónál. Február 24-ei földközelsége idején naponta 5 fokot mozdul el a Leo csillagképben, négy nappal később pedig fél fokra megközelíti a Regulust.



**C/2006 OF2 (Broughton).** Az egyre halványuló, 11–12 magnitúdós üstökös továbbra is az Aurigában kereshető fel. Az éjszaka nagyobb részében látható vándort február 16-án a  $\beta$  Aurigae-től 11 ívpercre keletre láthatjuk.

**C/2008 A1 (McNaught).** A Cygnus-Tejút legsűrűbb részén, az  $\eta$  Cygni és a Deneb között rojja útját ez a halványuló, 11–12 magnitúdós üstökös. A Naptól északra látszó, ezért az esti és a hajnali égen is megfigyelhető vándor február 23-án 40 ívpercre megközelíti a Denebet.

**85P/Boethin.** Az esti égen látszó üstökös gyorsan halványodik, miközben láthatósága nem sokat romlik. Fényessége 10–12 magnitúdó körül lesz, útja pedig az Ariesből a Taurusba vezet. Különlegesen látványos együttállásnak ígérkezik, amikor február 26-án áthalad a Fiastyúk északnyugati részén.



**144P/Kushida.** A 11–12 magnitúdó között halványodó üstökös az esti égen látható a Taurus csillagképben. A hónap első napjaiban áthalad a Hyadok nyílthalmazon, a mostani számítások szerint 6-án hajnalban gyakorlatilag elfedi az 1 magnitúdós Aldebarant. Mivel csak a kóma kerül a ragyogó csillag elé, utóbbi fényességében semmiféle változást nem fogunk tapasztalni.

#### P/2003 K2 (Christensen)

Dátum	RA (h m s)	D (° ' ")	R (CSE)	r (CSE)	E (°)	m <sub>v</sub> (m)
02.01.	16 35 21	-17 52 35	2,175	1,927	62	12,1
02.11.	17 01 02	-18 33 15	2,039	1,875	66	11,6
02.21.	17 27 32	-18 59 34	1,908	1,827	70	11,2
03.03.	17 54 42	-19 10 19	1,783	1,781	74	10,8
03.13.	18 22 23	-19 04 45	1,664	1,738	77	10,3
03.23.	18 50 25	-18 42 40	1,553	1,700	80	9,9
04.02.	19 18 31	-18 04 37	1,449	1,666	84	9,6
04.12.	19 46 27	-17 12 06	1,353	1,637	87	9,2
04.22.	20 13 53	-16 07 24	1,265	1,613	90	8,9
05.02.	20 40 31	-14 54 01	1,185	1,595	93	8,6
05.12.	21 05 59	-13 36 12	1,112	1,583	96	8,4
05.22.	21 29 57	-12 18 48	1,047	1,578	100	8,2
06.01.	21 51 58	-11 07 29	0,987	1,579	104	8,1
06.11.	22 11 40	-10 07 43	0,934	1,586	109	8,1
06.21.	22 28 35	-09 24 54	0,887	1,600	114	8,0
07.01.	22 42 14	-09 04 07	0,846	1,620	121	8,1
07.11.	22 52 13	-09 08 31	0,813	1,645	128	8,2



Dátum	RA (h m s)	D (° ' ")	R (CSE)	r (CSE)	E (°)	m <sub>v</sub> (m)
07.21.	22 58 11	-09 39 25	0,789	1,676	136	8,3
07.31.	23 00 06	-10 34 38	0,776	1,712	146	8,5
08.10.	22 58 23	-11 47 01	0,777	1,751	156	8,8
08.20.	22 53 56	-13 06 01	0,796	1,795	166	9,1
08.30.	22 48 07	-14 18 50	0,835	1,842	174	9,5
09.09.	22 42 31	-15 14 36	0,894	1,891	168	10,0
09.19.	22 38 23	-15 47 25	0,975	1,943	158	10,4
09.29.	22 36 33	-15 55 36	1,075	1,998	148	11,0
10.09.	22 37 19	-15 41 07	1,192	2,053	139	11,5
10.19.	22 40 37	-15 07 26	1,326	2,110	130	12,0
10.29.	22 46 11	-14 17 53	1,474	2,168	122	12,6

## 22P/Kopff

Dátum	RA (h m s)	D (° ' ")	R (CSE)	r (CSE)	E (°)	m <sub>v</sub> (m)
02.01.	19 02 30	-05 35 06	0,335	0,718	31	9,7
02.06.	18 25 51	-02 14 35	0,332	0,785	45	10,1
02.11.	17 53 06	+00 48 10	0,338	0,856	58	10,5
02.16.	17 24 11	+03 30 31	0,349	0,927	70	10,9
02.21.	16 58 08	+05 54 48	0,364	1,000	81	11,3
02.26.	16 33 53	+08 03 41	0,381	1,072	92	11,7

## A Rozetta-köd

A Rozetta-köd a Monoceros (Egyszarvú) csillagkép (egyszersmind a téli ég) talán legszebb mélyég-objektuma. Vizuálisan nehéz felismerni a halvány csillagokból álló csillagképet, mivel nem tartalmaz 4<sup>m</sup>-nél fényesebb csillagot (bár 60 csillaga látható pusztá szemmel). Ennek ellenére a mélyég-vadászok kedvelt területe, hiszen áthalad rajta a Tejút. Még a többi tejutas csillagképpel összehasonlítva is rendkívül gazdag nyílthalmazokban (akárcsak a délebbi Puppis), ezek jelentős része kisebb távcsővel is megfigyelhető. A Rozetta-köd (NGC 2237-9, 2246) is egy fényes, 4 magnitúdós halmazt (NGC 2244) ölel körül, melyek fizikailag is összetartoznak, és 4900 fényév távolságból hunyorognak felénk. Tipikus HII régió, azaz olyan ionizált hidrogénfelhő, ahol csillagkeletkezés zajlik. A csillagbölcső kozmikus „újszülöttje” a nagy tömegű, fényes csillagokból álló halmaz is. Ez nagyjából 100 csillagot tartalmaz, köztük a 12 Mon-t. Kora 1 millió év, azaz a legfiatalabbak egyike. A fél fok átmérőjű nyílthalmazt elegánsan öleli körül a 60'x80'-es diffúz köd. A Rozetta a legnagyobb méretű és legnagyobb tömegű diffúz ködök egyike – 115 fényév átmérőjű, és ezzel két és félszer nagyobb az Orion-ködnél. Jellegzetes gyűrűs szerkezete a központon született fiatal csillagok intenzív sugárzása számlájára írható, ezek mintegy „elfújták” a belső régióból a köd anyagát. A ködben rengeteg ún. Bok-globulát figyelhetünk meg.

Ezeket Bart J. Bok fedezte fel az 1940-es években, és néhány ezer CSE átmérőjű, semleges hidrogénből, valamint porból álló csomóknak tartotta. Ezek az összehúzódó globulák a csillagkeletkezés helyszínei.

A vizuális megfigyelő elsősorban a nyílthalmazt láthatja, ez már szabad szemmel is elnyúlt, fényes ködösséggént vehető észre. Városi vagy holdas égen is szép látványt nyújt.

A ködösség észrevétele jó és sötét eget igényel. Jó, ha van nálunk egy UHC vagy OIII szűrő. Néhány amatőr megfigyelése szerint, így már pusztá szemmel is látható. Ha nem lenne a halmaz, mely elnyomja a fényét, sokkal könnyebb lenne megfigyelése, lévén összfényessége 5 magnitúdó. 10x50-es binokulár jó égen elmosódott korongnak mutatja a halmaz körül.

Kis műszer és szűrő csodát tesz, legalább 3 fokos látómező ajánlott. Költői hasonlatok sora idézhető megjelenésével kapcsolatban. Stephen J. O'Meara szerint olyan, mint egy dérral borított rózsza holdfényben. A leheletfinom megjelenésű gyűrű „szirmai” egy margarétavirág „kísértetére” emlékeztetnek. Már 15 cm körüli műszerekkel, és OIII szűrővel láthatjuk a gáz kavargó filamentjeit, fényképeken a Bok-globulák is könnyedén rögzíthetőek.



*Éder Iván felvétele 2008 februárjában készült Ágasvárról 130/780-as TMB apokromáttal, átalakított Canon EOS 350D-vel, 39x10 perc expozícióval.*

## Évforduló

### Húsz éve alakult újjá a Magyar Csillagászati Egyesület

A Bem rakpart 6., az I. kerületi Tanács Művelődési Háza számtalan emlékezetes kulturális eseménynek és koncertnek adott már otthont. (A helyszínt az utóbbi okból énekelte meg Török Ádám és a Mini). Amatőrmozgalom története szempontjából is fontos helyszín a Bem rakpart 6., hiszen itt alakult újjá a Magyar Csillagászati Egyesület 1989. február 19-én (Kopernikusz születésnapján). Az (újja)alakuló közgyűlésen 120 fő jelent meg, közülük 80-an jelezték belépési szándékukat. A levezető Both Előd volt, aki az ilyen alkalmakhoz méltó higgadtsággal irányította az eseményeket. Ponor Thewrewk Aurél a hazai amatőrcsillagász mozgalom történetét tekintette át, majd Zombori Ottó ismertette az újjáalakulás hátterét, az egyesület célkitűzéseit (ne feledjük: az egyesülési törvény 1989. január 24-én lépett életbe!). A legnagyobb sikere Kulin György hozzászólásának volt. Meleg szavakkal köszöntötte a közgyűlést, elmondta emlékeit az első MCSE-ről, az egyesületi életéről, tanulságosak voltak az egyesület újraindulásával, jövőbeli tevékenységével kapcsolatos gondolatai is.



*Kulin György, a Magyar Csillagászati Egyesület alapítója (1905–1989)*



A közgyűlés hosszas vita után elfogadta az MCSE alapszabályát, majd megválasztotta a tisztségviselőket: Elnök: Ponori Thewrewk Aurél, alelnök: Szabados László, elnökségi tagok: Both Előd, Csaba György Gábor, Halász Gábor, Holl András (titkár), Keszthelyi Sándor, Kocsis Antal, Magyarai Béla, Mécs Miklós, Mizser Attila (titkár), Orha Zoltán, Spányi Péter, Szatmáry Károly, Szabó Sándor, Taracsák Gábor, Tepliczky István, Zalezsák Tamás, Zombori Ottó (főtitkár). A számvizsgáló bizottság első összetétele: Babcsán Gábor, Horváth Ferenc, Kolláth Zoltán. Ezzel másodszor is útjára indult a Magyar Csillagászati Egyesület.

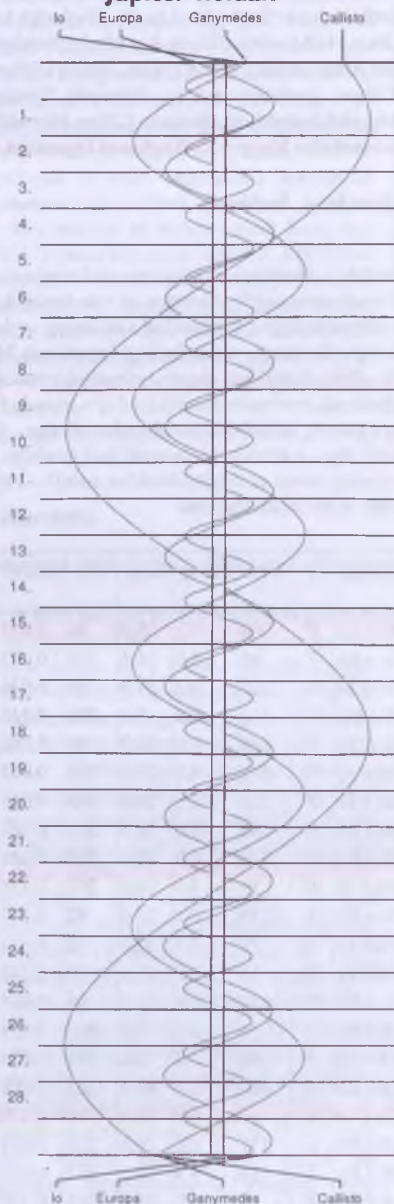
## Szaturnusz-holdak kölcsönös fogyatkozásai, fedései

Jelmagyarázat:

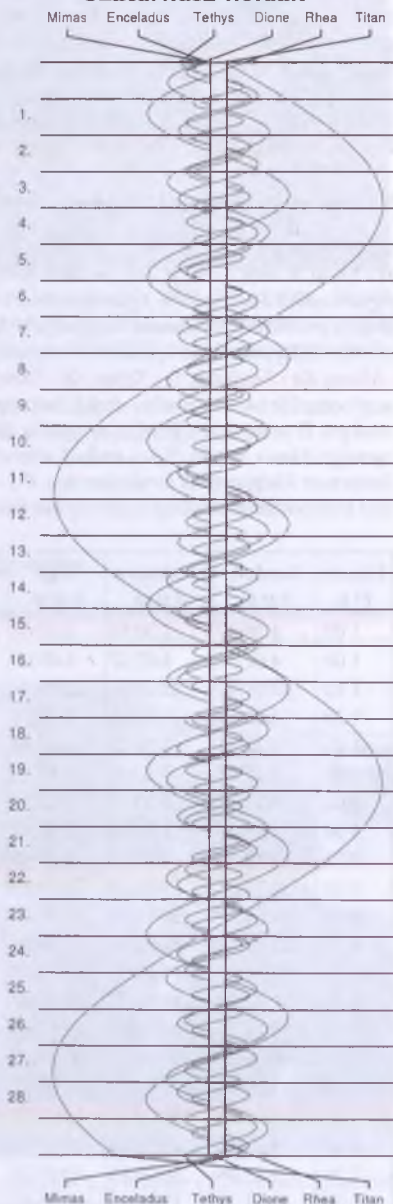
*H* – hónap, *N* – nap, *ó* – óra, *p* – perc, *m* – másodperc; *Kezdet* – okkultációnál a két korong első érintkezése, fogyatkozásnál a penumbrális fogyatkozás kezdete (ez rendszerint megfigyelhetetlen, ez után kezdődik a fényességsökkenés); *Maximum* – a legnagyobb fázis időpontja; *Vége* – okkultációnál a két korong utolsó érintkezése, fogyatkozásnál a penumbrális fogyatkozás vége; *Esemény* – *o*: okkultáció, *f*: fogyatkozás, *Mi* – Mimas, *En* – Enceladus, *Te* – Tethys, *Di* – Dione, *Rh* – Rhea; Az első hold okozza a jelenséget, a második az elszenvedője (okkultációnál az elfedett hold, fogyatkozásnál az árnyékba merülő hold); *J* – jelenség *P*: részleges, *E*: penumbrális, *T*: teljes, *A*: gyűrűs; *Dur* – a jelenség időtartama másodpercben; *dMag* – fényességsökkenés mértéke (9,9-es értéknél teljes eltűnés); *Sep* – a jelenséget elszenvedő hold távolsága a Szaturnusz középpontjától ívmásodpercben; *PA* – a jelenség iránya a bolygótól fokokban; *minD* – a két hold középpontjának távolsága a jelenség maximumának idején ívmásodpercben

Dátum H n	Kezdet ó p m	maximum ó p m	vége ó p m	esemény	J	Dur	dMag	Sep	PA	MinD
1 07	4:28:39	4:30:53	4:33:07	Mi o En	P	268	0.1	25.0	86	0.045
1 08	4:06:54	4:07:27	4:08:00	Te o En	P	66	0.1	31.4	265	0.093
1 12	22:07:02	22:08:06	22:09:09	En o Te	A	127	0.2	34.9	85	0.036
1 20	4:18:19	4:19:15	4:20:11	Mi o Rh	P	112	0.0	7.2	256	0.145
1 24	4:22:34	4:24:07	4:25:40	Mi o Te	P	186	0.1	28.3	85	0.085
2 02	5:17:04	5:20:09	5:23:15	Mi f Te	P	371	0.1	29.6	265	0.065
2 02	5:17:07	5:20:10	5:23:13	Mi f Te	P	366	0.1	29.6	265	0.065
3 08	2:33:37	2:34:11	2:34:45	Mi f En	E	68	0.0	30.1	263	0.068
3 23	4:19:44	4:20:44	4:21:43	Mi f En	P	119	0.3	29.4	262	0.041
6 04	21:53:57	21:54:04	21:54:12	En f Te	E	15	0.0	26.6	261	0.138
6 05	20:07:25	20:16:43	20:26:00	Te o En	P	1115	0.1	27.9	82	0.077
6 10	22:37:10	22:37:46	22:38:22	Mi f Te	E	72	0.1	22.9	90	0.083
6 12	19:54:23	19:54:33	19:54:43	Mi f Te	E	20	0.0	22.6	90	0.132
6 23	19:51:29	19:51:38	19:51:47	En f Mi	E	18	0.0	10.5	89	0.088
7 01	19:57:33	19:58:00	19:58:27	Mi f Rh	E	54	0.0	4.0	163	0.171
7 08	19:59:59	20:00:41	20:01:23	Di f Mi	P	84	0.2	3.2	254	0.023
7 14	21:02:57	21:06:17	21:09:37	Di f Rh	A	400	0.1	47.4	262	0.003
7 16	20:00:14	20:00:48	20:01:22	Di f Te	E	69	0.0	22.6	88	0.179
7 19	19:22:16	19:23:21	19:24:27	Mi f Rh	E	131	0.0	10.8	250	0.031
7 26	19:57:08	20:02:16	20:07:24	Rh f En	T	616	9.9	11.1	271	0.010
8 06	19:11:30	19:12:19	19:13:07	Mi f Rh	E	97	0.0	19.8	261	0.157

## Jupiter-holdak



## Szaturnusz-holdak



## Szaturnusz

d	UT h:m	hold	j
2	19: 5.1	Di	áv
	20: 5.3	Di	ev
	20:47.6	Rh	mv
4	1:11.7	Di	fk
	5: 0.9	Di	mv
	22:18.7	Rh	ák
	23: 5.1	Rh	ek
5	1:51.9	Rh	áv
	2:57.0	Rh	ev
	4:16.0	Rh	ák
	4:37.9	Te	ek
6	2:54.9	Te	fk
	18:53.4	Di	fk
	22:40.2	Di	mv
7	1:34.7	Te	ák
	1:55.5	Te	ek
	4:31.5	Rh	fk
	4:31.6	Te	áv
	4:54.5	Te	ev
8	0:13.5	Te	fk
	3:33.2	Te	mv
	3:38.9	Di	ák
	4: 5.8	Di	ek
	22:53.3	Te	ák
	23:13.0	Te	ek
9	1:50.3	Te	áv
	2:12.0	Te	ev
	21:32.2	Te	fk
10	0:50.7	Te	mv
	20:12.0	Te	ák
	20:30.6	Te	ek
	21:20.6	Di	ák
	21:45.3	Di	ek
	23 9.1	Te	áv
	23:29.5	Te	ev
11	0:31.3	Di	áv
	1: 3.1	Di	ev
	18:50.9	Te	fk
	21:27.6	Rh	mv
	22: 8.2	Te	mv

d	UT h:m	hold	j
12	20:27.9	Te	áv
	20:47.0	Te	ev
13	18:13.4	Di	áv
	18:42.2	Di	ev
	19:25.7	Te	mv
	23:12.0	Rh	ák
	23:47.1	Rh	ek
14	2:47.9	Rh	áv
	3:36.4	Rh	ev
	23:58.6	Di	fk
15	3:37.4	Di	mv
16	18:24.4	Ti	mv
17	21:16.4	Di	mv
19	2:25.9	Di	ák
	2:43.7	Di	ek
20	17:52.2	Rh	fk
	22: 5.6	Rh	mv
21	20: 7.7	Di	ák
	20:23.1	Di	ek
	23:19.7	Di	áv
	23:38.9	Di	ev
22	4: 4.3	Te	ák
	4:15.6	Te	ek
23	0: 5.8	Rh	ák
	0:28.8	Rh	ek
	2:43.3	Te	fk
	3:44.1	Rh	áv
	4:14.4	Rh	ev
	5: 4.0	Di	fk
24	1:23.1	Te	ák
	1:33.1	Te	ek
	4:20.8	Te	áv
	4:31.5	Te	ev
25	0: 2.1	Te	fk
	3:10.1	Te	mv
	22:41.9	Te	ák
	22:45.8	Di	fk
	22:50.5	Te	ek
26	1:39.6	Te	áv
	1:48.9	Te	ev

d	UT h:m	hold	j
	2:12.8	Di	mv
	21:20.9	Te	fk
27	0:27.4	Te	mv
	20: 0.7	Te	ák
	20: 8.0	Te	ek
	22:58.5	Te	áv
	23: 6.2	Te	ev
28	18:39.7	Te	fk
	19:51.6	Di	mv
	21:44.8	Te	mv

$\lambda = 19^\circ$ ,  $\varphi = 47,5^\circ$ **Kalendárium – március**

KÖZEI

Dátum	Nap				h <sub>a</sub> °	E <sub>t</sub> m	Hold			fázis h m
	kel, delel, nyugszik h m h m h m			kel, delel, nyugszik h m h m h m						
9. hét										
1. v 60.	6 24	11 56	17 29	35,1	-12,4	7 41	15 13	23 02		
10. hét										
2. h 61.	6 22	11 56	17 30	35,5	-12,2	8 08	16 07	-		
3. k 62.	6 20	11 56	17 32	35,8	-12,0	8 44	17 05	0 20		
4. sz 63.	6 18	11 55	17 33	36,2	-11,8	9 32	18 05	1 35	☉	8 46
5. cs 64.	6 16	11 55	17 35	36,6	-11,6	10 34	19 08	2 41		
6. p 65.	6 14	11 55	17 36	37,0	-11,3	11 48	20 09	3 34		
7. sz 66.	6 12	11 55	17 38	37,4	-11,1	13 09	21 07	4 16		
8. v 67.	6 10	11 54	17 39	37,8	-10,9	14 33	22 01	4 47		
11. hét										
9. h 68.	6 08	11 54	17 41	38,2	-10,6	15 55	22 52	5 12		
10. k 69.	6 06	11 54	17 42	38,6	-10,4	17 14	23 41	5 33		
11. sz 70.	6 04	11 54	17 44	39,0	-10,1	18 32	-	5 52	○	3 37
12. cs 71.	6 03	11 53	17 45	39,3	-9,8	19 48	0 28	6 10		
13. p 72.	6 01	11 53	17 47	39,7	-9,6	21 03	1 15	6 30		
14. sz 73.	5 59	11 53	17 48	40,1	-9,3	22 16	2 02	6 52		
15. v 74.	5 57	11 53	17 49	40,5	-9,0	23 26	2 51	7 17		
12. hét										
16. h 75.	5 55	11 52	17 51	40,9	-8,7	-	3 40	7 49		
17. k 76.	5 53	11 52	17 52	41,3	-8,4	0 32	4 31	8 28		
18. sz 77.	5 50	11 52	17 54	41,7	-8,1	1 29	5 23	9 16	☉	18 49
19. cs 78.	5 48	11 51	17 55	42,1	-7,9	2 17	6 13	10 12		
20. p 79.	5 46	11 51	17 57	42,5	-7,6	2 56	7 03	11 15		
21. sz 80.	5 44	11 51	17 58	42,9	-7,3	3 27	7 51	12 22		
22. v 81.	5 42	11 50	17 59	43,3	-7,0	3 52	8 36	13 30		
13. hét										
23. h 82.	5 40	11 50	18 01	43,7	-6,7	4 13	9 21	14 39		
24. k 83.	5 38	11 50	18 02	44,1	-6,4	4 31	10 04	15 49		
25. sz 84.	5 36	11 50	18 04	44,5	-6,1	4 48	10 48	17 00		
26. cs 85.	5 34	11 49	18 05	44,9	-5,8	5 06	11 32	18 13	●	17 08
27. p 86.	5 32	11 49	18 07	45,3	-5,5	5 24	12 19	19 29		
28. sz 87.	5 30	11 49	18 08	45,6	-5,2	5 46	13 08	20 47		
29. v 88.	5 28	11 48	18 09	46,0	-4,9	6 12	14 01	22 07		
14. hét										
30. h 89.	5 26	11 48	18 11	46,4	-4,6	6 46	14 59	23 25		
31. k 90.	5 24	11 48	18 12	46,8	-4,3	7 30	16 00	-		

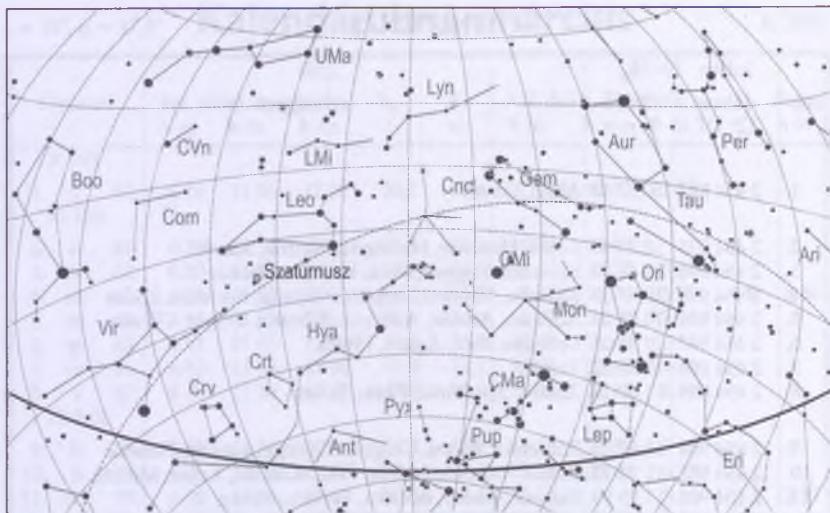
A nyári időszámítás alatt (dőlt betűvel szedve) a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát hozzá kell adni!



## március

nap	Julián dátum 12 <sup>h</sup> UT	$\theta_{gr}$ 0 <sup>h</sup> UT h m s	névnapok
1.	2 454 892	10 35 43	Albin, Dávid
2.	2 454 893	10 39 40	Lujza, Henriett, Henrietta, Henrik, Károly
3.	2 454 894	10 43 36	Kornélia, Frigyes, Irma, Kamilla, Oszkár
4.	2 454 895	10 47 33	Kázmér, Adorján, Adrián, Adriána, Adrienn, Zorán
5.	2 454 896	10 51 29	Adorján, Adrián, Adriána, Adrienn, Olivér, Olívia
6.	2 454 897	10 55 26	Leonóra, Inez, Ágnes, Elvira
7.	2 454 898	10 59 22	Tamás
8.	2 454 899	11 03 19	Zoltán, Apollónia, Beáta, János
9.	2 454 900	11 07 15	Franciska, Fanni, Gergely, György, Katalin, Rebeka
10.	2 454 901	11 11 12	Ildikó, Anasztázia, Ede, Emil, Kamilla, Kolos, Melitta
11.	2 454 902	11 15 09	Szilárd, Aladár, Borsika, Terézia, Timea
12.	2 454 903	11 19 05	Gergely, Gergő, György
13.	2 454 904	11 23 02	Krisztián, Ajtony, Arabella, Ida, Rozina, Zoltán
14.	2 454 905	11 26 58	Matild
15.	2 454 906	11 30 55	<b>Nemzeti ünnep;</b> Kristóf, Krisztofer, Lujza, Lukrécia
16.	2 454 907	11 34 51	Henrietta, Ábris, Bálint, Henrik, Valentin
17.	2 454 908	11 38 48	Gertrúd, Patrik, József
18.	2 454 909	11 42 44	Sándor, Ede, Alexa, Alexander, Alexandra, Nárcisz
19.	2 454 910	11 46 41	József, Bánk
20.	2 454 911	11 50 38	Klaudia, Alexa, Alexandra, Irma
21.	2 454 912	11 54 34	Benedek, Bence, Gergely, Gergő, Miklós, Nikolett
22.	2 454 913	11 58 31	Beáta, Izolda, Csilla, Katalin, Lea, Lia
23.	2 454 914	12 02 27	Emőke, Ottó
24.	2 454 915	12 06 24	Gábor, Karina, Ella, Gabriella, Katalin
25.	2 454 916	12 10 20	Iré, Írisz, Irina, Kristóf, Lúcia, Mária
26.	2 454 917	12 14 17	Emánuel, Dusan, Leonóra
27.	2 454 918	12 18 13	Hajnalka, Auguszt, Augusztina, János, Lúcia
28.	2 454 919	12 22 10	Gedeon, Johanna, Hanna, János, Maja
29.	2 454 920	12 26 07	Auguszt, Augusztina
30.	2 454 921	12 30 03	Zalán
31.	2 454 922	12 34 00	Árpád, Ákos, Benjám, Johanna, Kornélia

A nyári időszámítás kezdete 29-én 2<sup>h</sup> KÖZEI-kor



A déli égbolt március 15-én 20:00-kor (KÖZEI)

## Bolygók

**Merkúr:** A hónap első napjaiban még megkereshető a délkeleti horizont közelében, fél órával kel a Nap előtt. A hónap további részében nem látható, 31-én felső együttállásban van a Nappal.

**Vénusz:** A hónap első felében az esti égbolt feltűnő égitestje, hó elején három órával a Nap után nyugszik. Láthatósága ezután rohamosan romlik, 27-én már alsó együttállásban van a Nappal. Fényessége  $-4^m,6$ -ról  $-4^m,0$ -ra, csökken, átmérője  $45''$ -ről  $59''$ -re nő, fázisa  $0,19$ -ről  $0,01$ -re csökken, majd  $0,02$ -re nő. A hónap legutolsó napján már a hajnali ég alján látható, háromnegyed órával kel a Nap előtt.

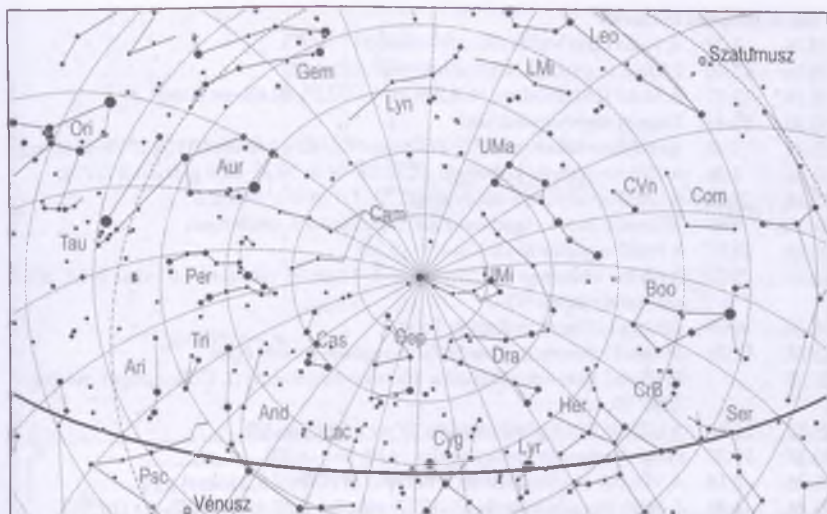
**Mars:** Előretartó mozgást végez a Bak, majd a Vízöntő csillagképben. Háromnegyed órával kel a Nap előtt. Megfigyelésre továbbra is kedvezőtlen helyzetben van, a keleti látóhatár közelében kereshető a reggeli szürkületben. Fényessége  $1^m,2$ , átmérője  $4,1''$ -ről  $4,3''$ -re nő.

**Jupiter:** Előretartó mozgást végez a Bak csillagképben. Hajnalban kel, alacsonyan látszik a délkeleti ég alján. Fényessége  $-2^m,0$ , átmérője  $34''$ .

**Szturnusz:** Folytatja hátráló mozgását az Oroszlán csillagképben. Egész éjszaka látható, 20-án szembenállásban a Nappal. Fényessége  $0^m,5$ , átmérője  $20''$ .

**Uránusz:** A Nap közelsége miatt nem megfigyelhető. 13-án együttállásban a Nappal, 27-én kerül át a Halak csillagképbe.

**Neptunusz:** A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.



*Az északi égbolt március 15-én 20:00-kor (KÖZEI)*

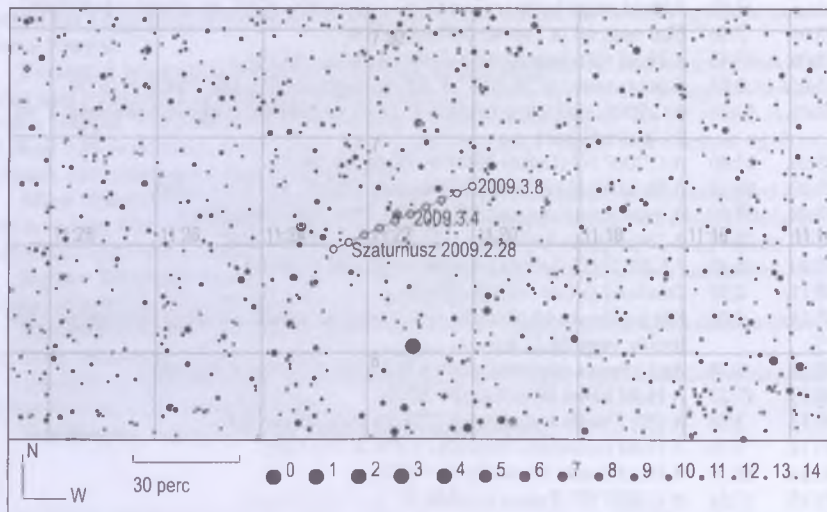
## Eseménynaptár

### Dátum Időpont Esemény

- |        |       |   |
|--------|-------|---|
| 03.01. | 18:44 | A Hold déli librációja ( $b = -6,71$ )  |
| 03.03. | 23:02 | A Hold mögé belép a $\chi$ Tau ( $5^m4$ kettőscsillag, 45,9%-os növekvő holdfázis)                            |
| 03.04. | 7:46  | Első negyed (a Taurus csillagképben)  |
| 03.04. | 17:43 | A Hold eléri legnagyobb deklinációját ( $+26,1^\circ$ )   |
| 03.05. | 2:51  | A Szaturnusz ( $0^m4, 19,8''$ ) $1' 12''$ -re megközelíti a HIP 55455-et ( $6^m8$ )                           |
| 03.05. | 17:39 | A C/2007 N3 (Lulin)-üstökös $2^\circ 17'$ -re az M44-től (legkisebb távolság: $1^\circ 46'$ 03.06. 03:41-kor) |
| 03.06. | 17:40 | A C/2007 N3 (Lulin)-üstökös $19'$ -re a $\theta$ Psc-től  |
| 03.07. | 15:17 | A Hold földközeli (367 046 km, 1953,4", 84,7%-os fázis)   |
| 03.08. | 19:50 | A Szaturnusz oppozícióban ( $0^m4, 19,8''$ , Leo csillagkép)  |
| 03.08. | 22:48 | A (10) Hygiea kisbolygó ( $11^m7$ ) $3,4'$ -re a 72 Tau-tól   |
| 03.10. | 18:45 | A C/2007 N3 (Lulin) üstökös $18'$ -re a 85 Gem-től  |
| 03.11. | 2:37  | Telehold (a Leo csillagképben)  |
| 03.11. | 4:01  | Két Jupiter-hold (Callisto és Io) árnyéka látszik a bolygó korongján, a jelenség vége 04:11-kor               |
| 03.13. | 1:28  | Az Uránusz együttállásban a Nappal ( $43^\circ 39'$ -re a Naptól)   |
| 03.13. | 17:27 | A Hold keleti librációja ( $l = 5,33$ )   |
| 03.14. | 2:55  | A (30) Urania kisbolygó ( $11^m2$ ) $3,1'$ -re a 18 Leo-tól   |
| 03.14. | 5:25  | A Hold maximális librációja ( $l = 5,28$ , $b = 6,69$ )   |
| 03.14. | 15:10 | A Hold északi librációja ( $b = 6,72$ )   |
| 03.15. | 17:54 | A C/2007 N3 (Lulin) üstökös $22'$ -re a 63 Gem-től  |
| 03.17. | 1:22  | A 65,8%-os csökkenő fázisú Hold megközelíti (részben elfedi) az M4 jelű gömbhalmazt                           |

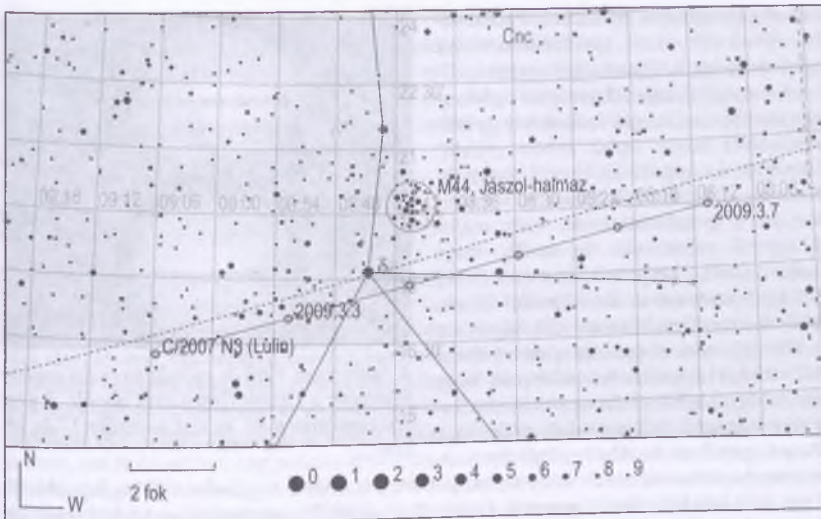
**Dátum Időpont Esemény**

03.18.	4:27	A Hold eléri legkisebb deklinációját ( $-27,8^\circ$ )
03.18.	17:49	Utolsó negyed (a Sagittarius csillagképben)
03.19.	13:17	A Hold földtávolban (404 258 km, $1773,6''$ , 42,4%-os fázis)
03.20.	11:44	Tavaszi napéjegyenlőség
03.21.	3:35	Az (68) Leto kisbolygó ( $11^m,5$ ) $29,5'$ -re az NGC 4261 galaxistól ( $11^m,4$ , 17 Vir-től $56'$ -re)
03.24.	3:36	A (29) Amphitrite kisbolygó ( $9^m,2$ ) $5,2'$ -re az NGC 4030 galaxistól ( $11^m,4$ )
03.24.	23:34	A (26) Proserpina kisbolygó ( $11^m,7$ ) $1,6'$ -re a $\alpha^1$ Sco-tól
03.25.	4:06	36 óra 00 perces holdsarló $2,3^\circ$ magasan a hajnali égen
03.25.	23:11	A Hold nyugati librációja ( $l = -5,44$ )
03.26.	3:27	A (7) Iris kisbolygó ( $10^m,5$ ) $2,4'$ -re a $\nu^2$ Sgr-től valamint $4,0'$ -re az NGC 6717 gömbhalmaztól ( $8^m,4$ )
03.26.	16:08	Újhold (a Pisces csillagképben)
03.27.	17:38	25 óra 32 perces holdsarló $7,2^\circ$ magasan az esti égen
03.27.		Kedvező hétvégi időpont a Messier-maratonra (l. Csillagászati évkönyv 2008, 50. o.)
03.27.	18:16	A C/2007 N3 (Lulin) üstökös $25'$ -re a 36 Gem-től
03.27.	19:29	Hold maximális librációja ( $l = -4,91$ , $b = -6,33$ )
03.28.	2:18	A Vénusz együttállásban a Nappal (a Naptól $8,2$ fokra)
03.28.	2:39	A (966) Muschi kisbolygó ( $14^m,2$ ) elfedi a TYC 6219-00276-1-t ( $10^m,7$ )
03.28.	22:23	A Hold déli librációja ( $b = -6,57$ )
03.30.	13:34	A nappali égen a Hold mögé belép az Alcyone ( $= \eta$ Tau, M45 halmaztag, $2^m,9$ , 18,0%-os növekvő holdfázis), kilépés 14:14-kor
03.31.	6:48	A Merkúr felső együttállásban a Nappal (a Naptól $1,1$ fokra)
03.31.	16:42	A Hold eléri legnagyobb deklinációját ( $+26,2^\circ$ )

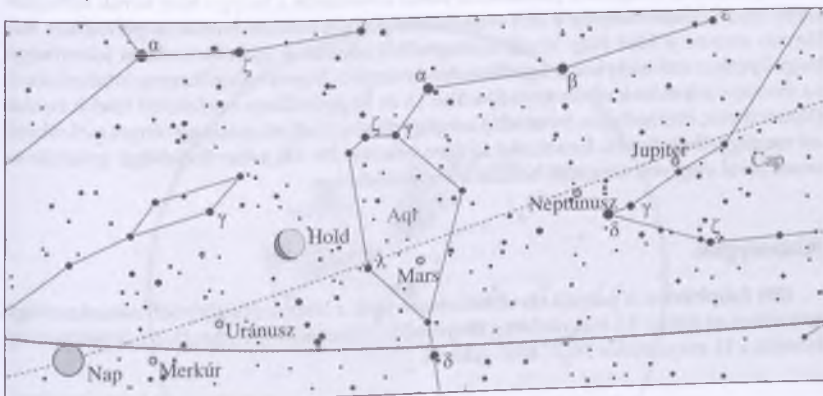


03.05. A Szaturnusz ( $0^m,4$ ,  $19,8''$ )  $1' 12''$ -re megközelíti a HIP 55455-et ( $6^m,8$ )





03.05. A C/2007 N3 (Lulin)-üstökös  $2^{\circ}17'$ -re az M44-től (legkisebb távolság:  $1^{\circ}46'$  03.06. 03:41-kor)



03.25. 4:06-kor 36 óra 00 perces holdsarló  $2,3^{\circ}$  magasan a hajnali égen

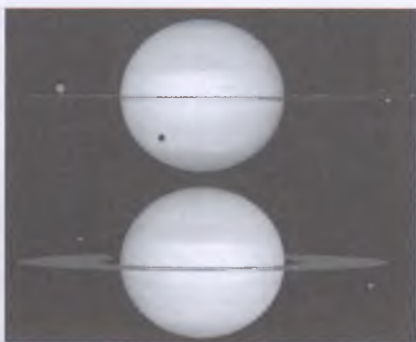
## A Szaturnusz idei oppozíciója

Március 8-án a gyűrűs bolygó a Napot és a Földet összekötő képzeletbeli tengely meghosszabbításának irányában tartózkodik, ami azt jelenti, hogy a Földünkről nézve a Szaturnusz az éjszaka közepén delel; fényessége ezekben a napokban a legnagyobb. Az oppozíció környéki napok, hetek kiváló alkalmat teremtenek az észlelésre, hiszen egész éjjel, estétől

hajnalig követhetjük nyomon az égitest felhőzetének változásait, gyűrűrendszerének apró részleteit, holdjainak keringését.

A bolygóval kapcsolatos igazi érdekesség azonban az, hogy a Szaturnusz gyűrűrendszerét szinte egész évben „éléről” láthatjuk. Az oppozíciót követő hónapokban még az égitest déli pólusa felől tekinthetünk a gyűrűrendszerre, mely május közepétől rohamosan laposodik, majd kora ősszel, szeptember 4-én (13:45 UT-kor) pontosan az élével fordul felénk, eltűnik a megfigyelő szeme elől. Sajnos ezt a látványt nem élvezhetjük, mivel ekkor túl közel, 11 foknyira lesz a Naptól, hogy aztán szeptember 17-én együttállásba kerülve központi csillagunkkal, eltűnjön a Nap sugaraiban. Az előző gyűrűátfordulási

esemény háromszor is bekövetkezett 1995/96 folyamán. A gyűrűre való legnagyobb rálátás 2016-ban következik be ismét. Az átfordulások 29,5 évenként kétszer következnek be, közöttük 15,75 és 13,75 év telik el. A legközelebbi átfordulás 2025-ben lesz. A bolygó rálátási szöge periodikus változásának oka a Szaturnusz forgástengelyének, így gyűrűjének jelentős (26 fokos) elhajlása a pályasíktól, ebből következik a bolygó Nap körüli keringése során eredő rálátásváltozás; a 29,5 éves ciklusú görbére rakódó évenkénti periodikus hullámzás viszont a Föld Nap körüli keringéséből adódik. A gyűrűátfordulás jelentősége, hogy ilyenkor van esély koronagrafikus módszerrel (a fényes bolygókorong kitakarásával) az ilyenkor jelentősen elhalványodó külső (A és B) gyűrűkben rejtőzködő kisebb holdak (Epimetheus, Prometheus, Janus stb.) megfigyelésére, melyek máskor a fényes gyűrűk miatt megfigyelhetetlenek. Ennek oka az igen vékony, 30–100 méter szélességű gyűrű és az ennél jóval nagyobb átmérőjű holdak méretkülönbsége.



*A Szaturnusz 1995-ös gyűrűátfordulást mutató felvételpár a Hubble Űrtávcsővel készült. A felső kép augusztus 6-án, az alsó november 17-én készült*

## Kisbolygók

(29) **Amphitrite**. A pályája távolabbi részén járó, a Virgo csillagképben mutatkozó égitest ebben az évben 9,1 magnitúdóig fényesedik. Március 24-én hajnalban 6 ípercre megközelíti a 11 magnitúdós NGC 4030 galaxist.

## Üstökösök

**C/2007 N3 (Lulin)**. A hónap elején még 6–7 magnitúdós üstökös gyorsan távolodik bolygónktól, így fényessége is rohamosan csökken. Mire a hónap végére a Leoból indulva eljut a Geminibe, már 9 magnitúdónál is halványabb lesz. Március 15-én este fél fokra megközelíti az Eszkimó-ködöt (NGC 2392).

**22P/Kopff**. Folytatja útját a Sagittarius csillagképben, fényessége a hónap folyamán 11 magnitúdóról 9,5 magnitúdóra növekszik. Miközben elhalad a Tejútrendszer centruma előtt, több látványos együttállása is lesz. Március 4-én az M23 nyílthalmazt, 9-én az NGC

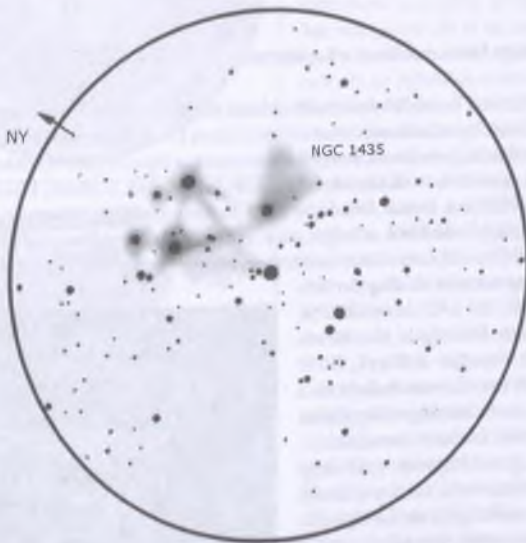
6567 planetáris ködöt, 16-án pedig a M25 nyílthalmazt közelíti meg néhány ívpercnnyire. Közben 11-én az M24 sűrű tejútfelhőtől fél fokkal délre láthatjuk.

**85P/Boethin.** Egész hónapban a Taurus csillagképben figyelhetjük meg ezt a keleti irányba mozgó és egyre távolodó üstököst. Fényessége a kedvezőbb előrejelzések szerint sem haladja meg a 10 magnitúdót, a pesszimistább számítások pedig csak 12 magnitúdóval számolnak.

## A Fiastyúk

A Naprendszerhez igen közel (407 fényévre) lévő fényes halmazról nehéz röviden írni. Mint az ősidők óta ismert és naptárcsillagnak használt csillaghalmaz, a régi mítoszokban is fontos szerepet töltött be. Pusztá szemmel látható legfényesebb csillagai alkották a mondák Hét Nővérét. Márciusban az esti égbolton figyelhető meg, de négyezer évvel ezelőtt, a bronzkori emberek ekkor már nehezen észlelheték a szürkületben a Nappal együttállásban lévő halmazt – számukra ez az időszak a tavasz és az év kezdetét jelölte. Legősibb ábrázolásai egy sumer rajzon és a nebrai korongon maradtak fenn, mindkét esetben a tavaszi, esti holdsarlóval kapcsolatos ábrázoláson. A görögöknél hét nővért, Atlasz lányait jelenti, akiket Plejádoknak neveztek. Magyar népi elnevezése Fiastyúk – a 3 magnitúdós Alcyone ( $\eta$  Tau) úgy vigyázza csillagtestvéreit, mint a tyúkanyó a kiscsibéket.

Sokak szerint a Plejádok az egész égbolt legszebb csillaghalmazza. Nagy összfényessége ( $1^m$  körül) és látszó átmérője (két fok, valós mérete 14 fényév) közelségének köszönhető,



Sánta Gábor rajza a Plejádokat és reflexiós ködének fényesebb területeit ábrázolja. A rajz 2008 márciusában készült (70/500-as refraktor, 20x-os nagyítás, 2,7 fok látómező).



csak három másik halmaz van közelebb nála, ezek közül is csak a Melotte 111 (Coma-halmaz) és a Hyadok (Melotte 25) halmazszerű. A Plejádok mozgási halmaz, ami azt jelenti, hogy tagjai együtt haladnak a tér egy irányába (esetünkben az  $\alpha$  Ori felé). A legfényesebb tagok egy kisméretű szekeret vagy kanalat formáznak, de április körül a távcsöves látvány inkább két sorba rendeződött hatos csoport benyomását kelti – pont így ábrázolták a mezopotámiaiak. A viszonylag fiatal (70 millió éves) halmazt kb. 1000 csillag alkotja, melyek szálas szerkezetű reflexiós ködbe burkolóznak. Régebben azt gondolták, hogy ez annak az anyagnak a maradványa, melyből a csillagok születtek, de kiderült, csak véletlenül találkoztak az úrben (20 millió éve). Legszebb része a Merope körül látható, de a szekér egész területét behálózzák a köd finom, kék színű szálai. A Merope-től 12'-cel délre találjuk az NGC 1435 elnevezésű ködcsomót, melyet Tempel ködének is neveznek. Ez a viszonylag kondenzált folt akár már 5 cm-es távcsövel is megfigyelhető. A Plejádokat burkoló ködösséget Lynds és Cederblad is lajstromba vette, katalógusszáma LBN 770-771 és Ced 19. Binokulárral jó égről már látható, kiváló égen elég mutatós a reflexiós köd.

Mindig is kérdés, hány csillagát tudjuk szabad szemmel megpillantani. Mivel 6<sup>m</sup>-nál 10 csillaga fényesebb, ennyit még átlagos égen is észrevehetünk – a régiek miért csak hét tagról tesznek említést? A legjobb hazai égeken 11 csillaga látható, míg a Hawaii-ról észlelő Stephen J. O'Meara 17-et látott, de látták már 18 csillagát is szabad szemmel. Maga a halmaz fényszennyezésmentes égen remek látvány: ezüstösen izzó folt, benne csillagokkal.

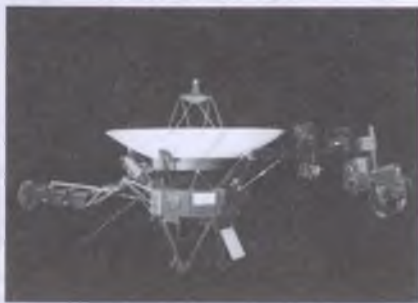
A Hold 18 évente elfedi, ilyenkor 2–3 éven keresztül rendszeresek a fedések, kedvelt célponttá téve az okkultáció-észlelők, valamint a nagyközönség számára.

## Évforduló

### Harminc éve történt: hintamanőver a Jupiternél

A Nagy Túra (Grand Tour) ötlete a múlt század második felében született az óriásbolygók végiglátogatására. Az utazás az óriásbolygók közel 176 évente előálló szerencsés térbeli helyzetét használja ki, amelynek keretében sorozatos hintamanőverekkel lehet azokat végiglátogatni. Az eredeti tervek szerint négy szondát akartak indítani, közülük kettő a Jupiter–Szaturnusz–Plútó, a másik kettő pedig a Jupiter–Uránusz–Neptunusz útvonalon haladt volna. Pénzügyi okokból mindez csak korlátozott formában valósult meg. Ezért először a Pioneer-10 és -11 szondákat indították, részben a technológia és a módszer tesztelése végett. A tapasztalatok alapján készített Voyager-1 és -2 űreszközök beváltottak minden hozzájuk fűzött reményt. Közülük a Voyager-1 30 éve, 1979. március 15-én 280 ezer km-re haladt el a Jupiter mellett, és az ekkor kapott lendület révén jutott el később a Szaturnuszhoz.

A Voyager-program korának egyik leg-sikeresebb kutatóútja lett, az űreszközök felfedezték az Io vulkánjait, az Europa felszín alatti óceánjára utaló jeges formákat, a Ganymedes kontinensekhez hasonlóan mozgott óriási jégtábláit, az Enceladus fiatal felszínét, a Titan felsőlégkörének érde-



A Voyager-szonda



kességeit, az Ariel hold szétrepedt felszínét, a Triton gejzirjeit és a gyűrűrendszerek számtalan furcsaságait. A program még ma sem fejeződött be, Voyager csillagközi küldetés keretében azt figyelik a szakemberek, hogy a két űreszköz mikor halad át a napszél és a csillagközi anyag közötti heliopauzának nevezett határfelületén.

## „Egy óra a Földért” és „Globe at Night” akciók 2009-ben

A csillagászat nemzetközi éve kapcsán azok az akciók is nagyobb hangsúlyt kapnak, amelyek a fényszennyezésre hívják fel a figyelmet. Ebben az évben az „Egy óra a Földért” akció március 28-án estére esik. Arra kérünk mindenkit, hogy aznap este 8 és 9 óra között minél több energiafogyasztót kapcsoljanak ki, különösen azokat, amikre nincs szükség. Persze ezt a jó szokást az egész év folyamán meg kellene tartanunk... Reményeink szerint

2009-ben még több város és nagyobb cég kapcsolódik az akcióhoz, és ténylegesen érzékelhető lesz a különbség az égbolt fényességében, lehetőséget adva távcsöves bemutatónak olyan helyszíneken is, ahol egyébként a díszvilágítás nem tenné azt lehetővé. Egy órányi energiatakarékosság természetesen nem váltja meg a világot egymagában, de ha sokan ráeszmélnék egy kis elsötétítés kapcsán arra, mit is tehetnének bolygónk jövője érdekében, akkor már jó célt ér el az akció.

A Hold havonta egyszer maga is kifényesíti az égboltot, a zavaró fények elleni akciókat célszerű holdmentes estékre tervezni. Ennek megfelelően a másik nagy nemzetközi megmozdulás, a Globe at Night (GaN = A Földgolyó éjjel) március második felére esik. Szerencsés módon az „Egy óra a Földért” fénycsökkentése is része lesz az akciónak. Érdeemes lesz azon az estén legalább kétszer megbecsülni az égbolt állapotát! Az elsődleges cél ebben az esetben is, hogy felhívjuk a figyelmet az eltűnő Tejútra, a városok erősödő fényszennyezésére. Emellett kellő számú megfigyelés esetén a becslések reális képet adnak arról, szabad szemmel nézve milyen állapotú égboltunk. A „mérés” rendkívül egyszerű: mindössze az Orion csillagképet kell felkeresni az égbolton, és a vizuális látványt összevetni egy térkép-sorozattal. A legjobban illeszkedő ábra egyben jelzi a határfényesség kerekített értékét is. Az elmúlt években Magyarország



Az „Égbolt Minőségmérő”

szépen szerepelt a nemzetközi „ranglistán”: 2008-ban az Egyesült Államokat követően a legtöbb megfigyelés hazánkából érkezett az amerikai adatgyűjtő központba. Ha az évkönyv minden olvasója csak néhány becslést végezne, akkor az eddigi eredményeken még jelentősen javíthatnánk is!

2009-ben a Globe at Night akcióban jelentősebb súllyal szerepelnek a digitális megfigyelések is, amiket egy egyszerű fénymérő az „Égbolt Minőségmérő” (Sky Quality Meter) segítségével végezhetünk. A „Csillagászat Nemzetközi Éve – Vigyázzunk a csillagos égre” programjának keretében Magyarország is újabb eszközöket kaphat a meglévők mellé, így komolyabban csatlakozhatunk ezekhez a mérésekhez is.

Az eddigi évek gyakorlatának megfelelően minden információ elérhető magyarul, és az adatbeküldés is egy hazai internetes oldalon keresztül végezhető, amelynek a címe: <http://fenyszennyez.es.csillagaszat.hu>.

## Jupiter-holdak kölcsönös fogyatkozásai, fedései

Jelmagyarázat:

**H** - hónap, **N** - nap, **ó** - óra, **p** - perc, **m** - másodperc; **Kezdet**e - okkultációnál a két korong első érintkezése, fogyatkozásnál a penumbrális fogyatkozás kezdete (ez rendszerint megfigyelhetetlen, ez után kezdődik a fényességsökkenés); **Maximum** - a legnagyobb fázis időpontja; **Vége** - okkultációnál a két korong utolsó érintkezése, fogyatkozásnál a penumbrális fogyatkozás vége.

**Esemény** - **o**: okkultáció, **f**: fogyatkozás, **I**: Io, **E**: Europa, **G**: Ganymedes, **C**: Callisto. Az első hold okozza a jelenséget, a második az elszenvedője (okkultációnál az elfedett hold, fogyatkozásnál az árnyékba merülő hold)

**J** - jelenség **P**: részleges, **E**: penumbrális, **T**: teljes, **A**: gyűrűs

**Dur** - a jelenség időtartama másodpercben

**dMag** - fényességsökkenés mértéke (9,9-es értéknél teljes eltűnés)

**Sep** - a jelenséget elszenvedő hold távolsága a Jupiter középpontjától ívmásodpercben

**I** - a jelenség iránya a bolygótól **K** - keletre, **N** - nyugatra

**minD** - a két hold középpontjának távolsága a jelenség maximumának idején ívmásodpercben

Dátum H n	Kezdet ó p m	maximum ó p m	vége ó p m	esemény	J	Dur	dMag	Sep I	MinD
3 28	3 04 42	3 06 36	3 08 30	C o I	P	228	0.1	49 K	0.784
4 17	2 58 29	3 01 14	3 04 00	I o G	P	331	0.2	74 K	0.547
5 07	0 55 52	0 57 55	0 59 58	I o E	P	245	0.3	82 N	0.395
5 23	0 34 48	0 37 34	0 40 19	E o G	P	331	0.2	94 K	0.519
5 26	1 18 23	1 22 32	1 26 41	I f C	E	498	0.4	38 N	0.618
5 27	0 51 18	0 53 13	0 55 08	E o I	P	229	0.6	55 N	0.099
6 01	22 42 03	22 48 41	22 55 20	G o I	P	796	0.1	122 K	0.881
6 03	22 36 36	22 43 41	22 50 47	C f E	P	851	0.5	193 N	0.478
6 07	23 01 51	23 04 23	23 06 56	I o E	P	305	0.3	109 N	0.365
6 12	22 13 22	22 15 46	22 18 10	I f G	E	288	0.1	61 N	1.095

Dátum H n	Kezdet ó p m	maximum ó p m	vége ó p m	esemény	J	Dur	dMag	Sep I	MinD
6 14	23 20 38	23 21 12	23 21 45	IfE	E	066	0.0	137 N	1.107
6 15	1 14 05	1 16 38	1 19 11	IoE	P	306	0.3	114 N	0.467
6 16	0 43 42	0 46 56	0 50 10	GoE	P	388	0.1	186 K	0.910
6 16	1 21 00	1 29 41	1 38 21	GfI	P	1041	0.3	128 K	0.929
6 16	23 11 07	23 16 29	23 21 51	GfI	P	644	0.5	129 N	0.790
6 19	23 14 44	23 21 17	23 27 49	CfG	E	786	0.2	92 N	0.189
6 20	0 55 24	0 58 12	1 01 00	IfG	E	336	0.2	74 N	0.864
6 22	1 37 10	1 38 47	1 40 24	IfE	E	193	0.0	142 N	0.974
6 27	22 22 10	22 22 27	22 22 44	IoI	P	034	0.0	38 N	1.061
6 27	22 11 40	22 16 22	22 21 03	EfC	E	564	0.3	158 N	0.224
7 09	20 50 55	20 53 53	20 56 51	IoE	P	356	0.2	133 N	0.593
7 12	1 14 41	1 15 48	1 16 56	EfI	E	135	0.0	52 N	1.040
7 16	23 00 24	23 03 40	23 06 56	IoE	P	393	0.2	137 N	0.560
7 16	21 47 11	21 50 34	21 53 57	IfE	P	406	0.4	152 N	0.597
7 18	22 22 40	22 25 29	22 28 19	EfG	E	339	0.1	17 K	1.066
7 23	23 07 11	23 10 56	23 14 41	CfE	E	450	0.1	165 N	1.223
7 24	1 10 09	1 13 50	1 17 31	IoE	P	441	0.3	140 N	0.498
7 24	0 11 29	0 15 20	0 19 11	IfE	P	462	0.5	152 N	0.520
7 26	1 34 57	1 38 11	1 41 26	EfG	E	390	0.2	16 K	0.831
7 28	19 37 12	19 40 17	19 43 22	GoE	P	370	0.0	226 K	1.271
7 31	2 38 42	2 43 05	2 47 28	IfE	P	526	0.7	151 N	0.460
8 04	22 48 46	22 53 01	22 57 15	GoE	P	509	0.0	229 K	1.192
8 04	21 44 32	21 52 59	22 01 26	GfE	P	1013	0.7	228 K	0.310
8 05	20 55 57	20 58 04	21 00 12	EfI	P	255	0.5	21 N	0.425
8 05	19 37 43	19 40 45	19 43 48	GfI	P	365	0.6	47 N	0.731
8 08	20 38 21	20 42 59	20 47 37	IfG	A	557	0.5	134 N	0.480
8 10	18 40 17	18 45 30	18 50 43	IoE	P	625	0.5	144 N	0.228
8 12	1 43 13	1 53 18	2 03 22	GfE	T	1209	9.9	229 K	0.071
8 12	2 05 38	2 11 15	2 16 53	GoE	P	676	0.1	229 K	1.094
8 12	22 21 46	22 24 26	22 27 06	GfI	E	320	0.2	27 N	0.974
8 12	23 08 02	23 10 16	23 12 29	EfI	A	267	0.8	11 N	0.248
8 14	21 50 20	21 59 29	22 08 37	IoE	P	1097	0.0	78 K	1.108
8 15	0 26 27	0 44 52	1 03 16	IoE	P	2209	0.1	120 K	0.833
8 15	23 47 45	23 53 06	23 58 27	IfG	P	642	0.4	175 K	0.571
8 16	20 10 38	20 14 08	20 17 38	IoG	P	420	0.0	131 K	1.508
8 16	20 25 59	20 45 45	21 05 30	IfG	P	2370	0.5	137 K	0.449
8 17	20 58 21	21 04 31	21 10 41	IoE	T	741	0.6	143 N	0.079
8 17	21 09 02	21 15 41	21 22 20	IfE	P	799	0.8	141 N	0.410
8 20	1 10 09	1 10 51	1 11 33	IoI	P	084	0.0	04 N	1.061
8 20	1 05 42	1 07 52	1 10 03	GfI	E	261	0.1	06 N	1.212
8 20	1 20 18	1 22 34	1 24 50	EfI	A	272	0.3	01 N	0.071

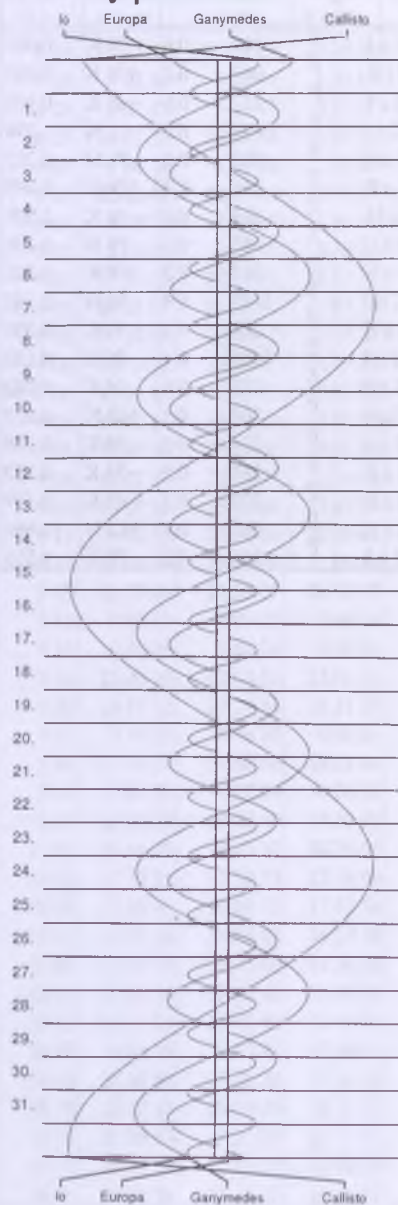


Dátum H n	Kezdet ó p m	maximum ó p m	vége ó p m	esemény	J	Dur	dMag	Sep I	MinD
8 24	23 23 41	23 31 19	23 38 56	Io E	P	915	0.6	140 N	0.093
8 24	1 22 14	1 28 44	1 35 15	If G	P	781	0.2	155 K	0.834
8 25	0 07 41	0 14 17	0 23 17	If E	P	1080	0.7	131 N	0.458
8 25	18 07 55	18 14 08	18 20 21	If E	P	745	0.2	148 K	0.696
8 27	0 58 34	1 01 34	1 04 35	Gf E	E	361	0.0	36 K	1.246
8 27	22 42 41	22 49 02	22 55 23	Gf E	E	762	0.0	226 N	1.150
9 01	4 18 28	4 30 00	4 41 32	If E	E	1384	0.0	102 N	0.920
9 01	2 03 21	2 13 52	2 24 24	Io E	P	1263	0.4	134 N	0.301
9 01	19 56 08	20 01 53	20 07 38	Io E	P	690	0.2	141 K	0.578
9 01	20 58 07	21 03 47	21 09 28	If E	P	681	0.5	154 K	0.519
9 04	20 22 55	20 30 12	20 37 28	Io E	P	874	0.0	57 N	1.062
9 06	18 03 21	18 04 47	18 06 12	Io I	P	171	0.2	07 K	0.655
9 06	18 51 41	18 53 51	18 56 02	Ef I	P	261	0.7	24 K	0.364
9 06	19 12 16	19 13 52	19 15 28	Io G	P	191	0.0	12 N	1.144
9 06	20 49 38	20 53 04	20 56 30	Ef G	E	412	0.3	09 K	0.692
9 08	22 21 17	22 26 07	22 30 56	Io E	P	579	0.2	140 K	0.565
9 08	23 37 23	23 42 36	23 47 50	If E	P	627	1.1	156 K	0.346
9 13	20 02 32	20 04 06	20 05 41	Io I	P	189	0.3	11 K	0.487
9 13	21 04 34	21 06 38	21 08 41	Ef I	P	246	0.4	33 K	0.534
9 13	21 57 46	21 59 57	22 02 08	Io G	P	262	0.1	20 N	0.837
9 14	0 03 18	0 06 22	0 09 26	Ef G	E	367	0.1	07 K	0.954
9 16	0 42 06	0 46 16	0 50 26	Io E	P	500	0.2	139 K	0.569
9 20	22 03 10	22 04 51	22 06 31	Io I	P	200	0.4	16 K	0.330
9 20	23 17 42	23 19 34	23 21 27	Ef I	E	225	0.2	41 K	0.700
9 21	0 45 55	0 48 25	0 50 56	Io G	P	301	0.3	27 N	0.549
9 26	17 53 17	17 57 30	18 01 44	If E	P	507	0.7	154 K	0.097
9 28	0 05 25	0 07 09	0 08 52	Io I	P	207	0.5	21 K	0.191
10 03	18 26 54	18 30 00	18 33 07	Io E	P	373	0.2	130 K	0.599
10 03	20 18 28	20 22 17	20 26 05	If E	P	457	1.3	151 K	0.281
10 05	17 14 24	17 15 15	17 16 06	Io G	P	102	0.0	87 K	1.344
10 08	17 48 51	17 50 12	17 51 34	Io I	P	162	0.0	74 K	1.222
10 08	16 51 45	16 52 42	16 53 38	Ef I	E	113	0.0	58 K	1.098
10 09	17 49 18	17 53 05	17 56 52	Io E	P	454	0.1	202 N	0.954
10 10	20 43 58	20 46 48	20 49 38	Io E	P	340	0.2	125 K	0.602
10 10	22 41 51	22 45 12	22 48 33	If E	P	402	0.7	147 K	0.470
10 12	19 52 35	19 53 47	19 54 59	Io G	P	144	0.0	73 K	1.245
10 15	17 18 48	17 20 35	17 22 22	Io I	A	213	0.6	32 K	0.045
10 15	20 27 43	20 29 40	20 31 37	Io I	P	235	0.1	84 K	1.038
10 16	21 09 55	21 13 54	21 17 53	Io E	P	478	0.1	194 N	0.812
10 17	23 01 20	23 03 57	23 06 35	Io E	P	315	0.2	120 K	0.593
10 19	22 32 08	22 33 28	22 34 48	Io G	P	160	0.0	59 K	1.172

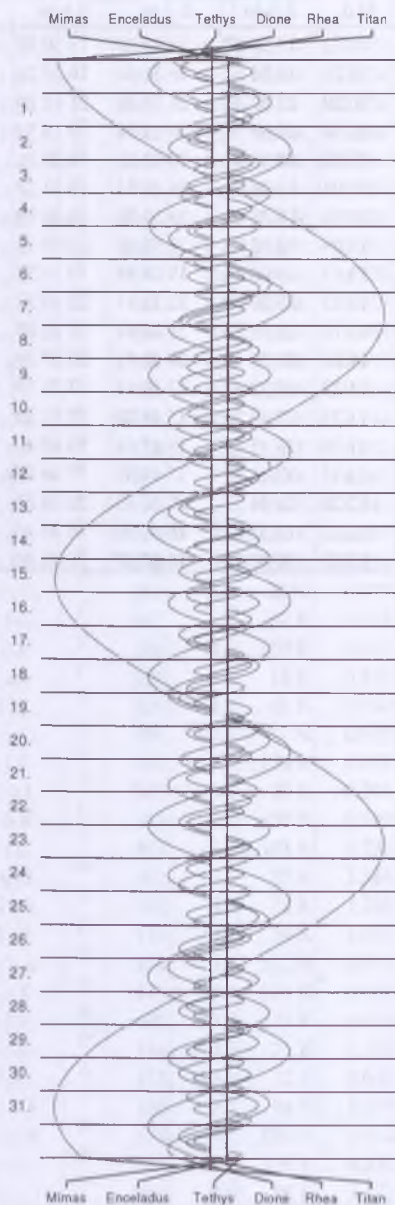


Dátum H n	Kezdet ó p m	maximum ó p m	vége ó p m	esemény	J	Dur	dMag	Sep I	MinD
10 22	19 27 22	19 29 10	19 30 57	E o I	P	215	0.6	36 K	0.089
10 28	16 34 57	16 36 40	16 38 24	I f E	E	207	0.0	135 K	0.960
10 29	21 37 46	21 39 34	21 41 23	E o I	P	217	0.6	40 K	0.104
10 30	20 09 14	20 14 34	20 19 54	G f I	E	640	0.0	61 N	1.298
11 02	18 49 34	18 52 22	18 55 11	E o G	A	338	0.3	71 N	0.253
11 04	16 46 51	16 49 14	16 51 37	I o E	P	286	0.2	106 K	0.499
11 06	18 26 44	18 31 26	18 36 08	G f I	E	564	0.0	01 K	1.305
11 09	22 02 53	22 05 46	22 08 39	E o G	A	345	0.3	78 N	0.206
11 11	19 06 16	19 08 38	19 10 59	I o E	P	283	0.3	100 K	0.428
11 13	22 20 50	22 33 11	22 45 33	G o I	T	1483	0.4	34 N	0.140
11 18	21 26 23	21 28 44	21 31 05	I o E	P	282	0.3	94 K	0.335
11 20	20 33 43	20 45 41	20 57 39	G o I	T	1436	0.4	29 K	0.133
11 23	17 27 49	17 29 44	17 31 39	E o I	A	231	0.6	54 K	0.042
11 28	17 45 28	17 48 28	17 51 28	G o E	P	360	0.1	140 N	0.673
11 30	19 45 47	19 47 44	19 49 40	E o I	P	234	0.5	58 K	0.128
12 13	17 41 49	17 43 59	17 46 09	I o E	P	260	0.5	74 K	0.153
12 20	20 04 37	20 06 35	20 08 32	I o E	P	235	0.3	68 K	0.339
12 22	18 33 24	18 35 20	18 37 15	E o G	P	231	0.0	112 N	0.864
12 25	16 00 24	16 02 07	16 03 50	E o I	P	206	0.2	70 K	0.515

## Jupiter-holdak



## Szaturnusz-holdak



## Jupiter

## Szaturnusz

d	UT h:m	hold	j
1	4:49.1	G	ev
11	4: 0.4	C	ák
	4:11.1	I	áv
13	4:27.6	E	áv
18	3:47.6	I	ák
19	4:18.3	I	mv
20	4:12.4	E	ák
27	3:25.9	I	ev

d	UT h:m	hold	j
1	17:19.4	Te	ák
	17:25.5	Te	ek
	18:46.3	Rh	fk
	20:17.3	Te	áv
	20:23.6	Te	ev
	22:42.6	Rh	mv
2	1:13.2	Di	ák
	1:21.3	Di	ek
	4:26.2	Di	áv
	4:35.2	Di	ev
	19: 2.1	Te	mv
3	17:36.2	Te	áv
	17:41.0	Te	ev
4	1: 0.0	Rh	ák
	1:10.4	Rh	ek
	4:40.5	Rh	áv
	18:55.1	Di	ák
	19: 0.7	Di	ek
	22: 8.4	Di	áv
	22:13.9	Di	ev
6	3:51.5	Di	fk
8	21:33.4	Di	fk
9	0:47.6	Di	mv
10	19:40.5	Rh	fk
	23:23.2	Rh	fv
11	3:53.0	Te	ek
	3:53.6	Te	ák
	18:29.6	Di	fv
12	2:31.4	Te	mk
	23:59.2	Di	ek
13	0: 0.9	Di	ák
	11:0.5	Te	ek
	11:2.4	Te	ák
	1:52.3	Rh	ek
	1:54.5	Rh	ák
	3:10.0	Di	ev
	3:15.1	Di	áv
	4: 7.7	Te	ev
	4:10.6	Te	áv

d	UT h:m	hold	j
	23:48.9	Te	mk
14	2:49.9	Te	fv
	22:28.1	Te	ek
	22:31.3	Te	ák
15	1:25.1	Te	ev
	1:29.6	Te	áv
	17:38.7	Di	ek
	17:42.9	Di	ák
	20:48.7	Di	ev
	20:57.3	Di	áv
	21: 6.5	Te	mk
16	0: 8.8	Te	fv
	19:45.7	Te	ek
	19:50.2	Te	ák
	22:42.5	Te	ev
	22:48.5	Te	áv
17	2:33.9	Di	mk
	17:45.3	Rh	ev
	18: 5.2	Rh	áv
	18:24.1	Te	mk
	21:27.7	Te	fv
18	19:59.9	Te	ev
	20: 7.4	Te	áv
19	18:46.7	Te	fv
	20:13.5	Di	mk
	20:24.0	Rh	mk
	23:36.4	Di	fv
20	0:19.9	Rh	fv
22	2:35.1	Rh	ek
	2:49.3	Rh	ák
23	22:37.7	Di	ek
	22:49.0	Di	ák
24	1:45.0	Di	ev
	2: 4.2	Di	áv
26	18:21.8	Rh	ev
	19: 1.8	Rh	áv
	19:23.9	Di	ev
	19:46.5	Di	áv
28	1:12.7	Di	mk

d	UT h:m	hold	j
	3:31.6	Te	ek
	3:43.6	Te	ák
	21: 7.5	Rh	mk
29	1:16.7	Rh	fv
	2:10.0	Te	mk
30	0:49.4	Te	ek
	1: 2.6	Te	ák
	3:44.7	Te	ev
	18:52.5	Di	mk
	22:25.7	Di	fv
	23:27.7	Te	mk
31	2:40.5	Te	fv
	3:18.8	Rh	ek
	3:44.2	Rh	ák
	22: 7.1	Te	ek
	22:21.5	Te	ák

$\lambda = 19^\circ$ ,  $\varphi = 47,5^\circ$ **Kalendárium – április**

KÖZEI

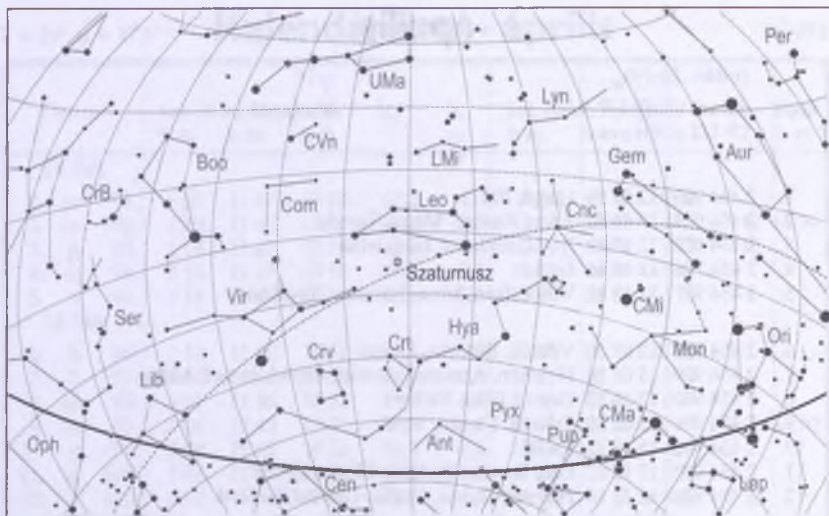
Dátum	Nap					Hold				
	kel h m	delel h m	nyugszik h m	$h_d$ °	$E_i$ m	kel h m	delel h m	nyugszik h m	fázis h m	
<b>14. hét</b>										
1. sz 91.	5 22	11 47	18 14	47,2	-4,0	8 28	17 02	0 34		
2. cs 92.	5 20	11 47	18 15	47,6	-3,7	9 38	18 03	1 31	☉	15 34
3. p 93.	5 18	11 47	18 16	48,0	-3,4	10 56	19 00	2 15		
4. sz 94.	5 16	11 47	18 18	48,4	-3,1	12 17	19 55	2 49		
5. v 95.	5 14	11 46	18 19	48,7	-2,8	13 37	20 45	3 15		
<b>15. hét</b>										
6. h 96.	5 12	11 46	18 21	49,1	-2,5	14 55	21 33	3 37		
7. k 97.	5 10	11 46	18 22	49,5	-2,2	16 11	22 20	3 56		
8. sz 98.	5 08	11 45	18 24	49,9	-1,9	17 26	23 06	4 14		
9. cs 99.	5 06	11 45	18 25	50,2	-1,7	18 41	23 53	4 33	○	15 55
10. p 100.	5 04	11 45	18 26	50,6	-1,4	19 55	-	4 54		
11. sz 101.	5 03	11 45	18 28	51,0	-1,1	21 07	0 41	5 18		
12. v 102.	5 01	11 44	18 29	51,3	-0,9	22 15	1 31	5 47		
<b>16. hét</b>										
13. h 103.	4 59	11 44	18 31	51,7	-0,6	23 17	2 22	6 24		
14. k 104.	4 57	11 44	18 32	52,0	-0,4	-	3 13	7 09		
15. sz 105.	4 55	11 44	18 33	52,4	-0,1	0 09	4 05	8 02		
16. cs 106.	4 53	11 43	18 35	52,8	+0,1	0 52	4 55	9 02		
17. p 107.	4 51	11 43	18 36	53,1	+0,4	1 26	5 43	10 07	☉	14 38
18. sz 108.	4 49	11 43	18 38	53,5	+0,6	1 53	6 29	11 14		
19. v 109.	4 47	11 43	18 39	53,8	+0,8	2 15	7 14	12 22		
<b>17. hét</b>										
20. h 110.	4 46	11 42	18 40	54,1	+1,0	2 34	7 57	13 31		
21. k 111.	4 44	11 42	18 42	54,5	+1,2	2 52	8 40	14 40		
22. sz 112.	4 42	11 42	18 43	54,8	+1,4	3 09	9 24	15 52		
23. cs 113.	4 40	11 42	18 45	55,2	+1,6	3 27	10 09	17 07		
24. p 114.	4 38	11 42	18 46	55,5	+1,8	3 48	10 58	18 25		
25. sz 115.	4 37	11 42	18 47	55,8	+2,0	4 12	11 51	19 46	●	4 24
26. v 116.	4 35	11 41	18 49	56,1	+2,1	4 44	12 48	21 07		
<b>18. hét</b>										
27. h 117.	4 33	11 41	18 50	56,5	+2,3	5 26	13 50	22 22		
28. k 118.	4 32	11 41	18 52	56,8	+2,5	6 20	14 53	23 25		
29. sz 119.	4 30	11 41	18 53	57,1	+2,6	7 28	15 56	-		
30. cs 120.	4 28	11 41	18 54	57,4	+2,7	8 46	16 56	0 14		

A nyári időszámítás alatt (dőlt betűvel szedve) a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát hozzá kell adni!



## április

nap	Julián dátum 12 <sup>h</sup> UT	0 <sup>h</sup> UT h m s	névnapok
1.	2 454 923	12 37 56	Hugó, Pál
2.	2 454 924	12 41 53	Áron, Ferenc, Mária, Tünde
3.	2 454 925	12 45 49	Buda, Richárd, Irén, Irina
4.	2 454 926	12 49 46	Izidor
5.	2 454 927	12 53 42	Vince, Irén, Irina, Julianna, Teodóra
6.	2 454 928	12 57 39	Vilmos, Bíborka, Dénes
7.	2 454 929	13 01 36	Herman, Armand, Ármin, Árpád, József, Mária
8.	2 454 930	13 05 32	Dénes, Júlia, Valter
9.	2 454 931	13 09 29	Erhard, Dusán, Vince
10.	2 454 932	13 13 25	Zsolt
11.	2 454 933	13 17 22	Leó, Szaniszló, Ariel, Glória, Leona
12.	2 454 934	13 21 18	<b>Húsvét</b> ; Gyula, Csaba, Csanád, Szilárd
13.	2 454 935	13 25 15	<b>Húsvét</b> ; Ida, Hermina, Martin, Márton
14.	2 454 936	13 29 11	Tibor, Benedek, Gusztáv, Lídia
15.	2 454 937	13 33 08	Anasztázia, Tas
16.	2 454 938	13 37 05	Csongor, Benedek, Bernadett, Enikő, József
17.	2 454 939	13 41 01	Rudolf, Anasztázia, Árnika, Csongor, Klára, Rezső
18.	2 454 940	13 44 58	Andrea, Ilma, Aladár, Hermina
19.	2 454 941	13 48 54	Emma, Malvin
20.	2 454 942	13 52 51	Tivadar, Aladár, Odett, Tihamér
21.	2 454 943	13 56 47	Konrád, Zsombor
22.	2 454 944	14 00 44	Csilla, Noémi
23.	2 454 945	14 04 40	Béla, Albert, Gellért, György, Ilona, Sándor
24.	2 454 946	14 08 37	György, Csaba, Debóra, Györgyi, Hunor, Melitta, Simon
25.	2 454 947	14 12 34	Márk, Ervin
26.	2 454 948	14 16 30	Ervin, Marcell, Mária, Tihamér
27.	2 454 949	14 20 27	Zita, Mariann, Marianna, Péter
28.	2 454 950	14 24 23	Valéria, Dorisz, Pál, Patrícia, Patrik, Teodóra
29.	2 454 951	14 28 20	Péter, Antónia, Kata, Katalin, Róbert, Roberta, Tihamér
30.	2 454 952	14 32 16	Katalin, Kitti, Hilda, Ildikó, Mariann, Tivadar, Zsófia



*A déli égbolt április 15-én 20:00-kor (KÖZEI)*

## Bolygók

**Merkúr:** A hónap második hetétől látható napnyugta után az esti ég alján. Láthatósága gyorsan javul, 26-án van legnagyobb keleti kitérésben,  $20^\circ$ -ra a Naptól. Ekkor két órával nyugszik a Nap után, ez évi legjobb esti láthatóságát adva.

**Vénusz:** A hajnali égbolt feltűnő égitestje. Láthatósága fokozatosan javul. Hónap elején még csak háromnegyed órával kel a Nap előtt, ez az érték a hónap végére már másfél óra. Fényessége  $-4^m0$ -ról  $-4^m5$ -ra, fázisa  $0,02$ -ről  $0,24$ -re nő, átmérője  $59''$ -ről  $40''$ -re csökken. Legnagyobb fényességét 29-én éri el,  $-4^m5$ -val.

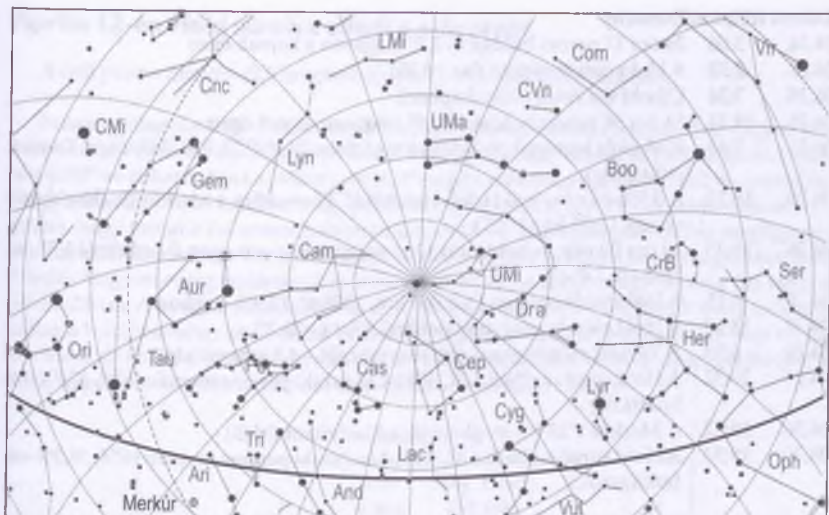
**Mars:** Előretartó mozgást végez a Vízöntő, majd a Halak csillagképben. A hónap elején háromnegyed, a végén egy órával kel a Nap előtt. A keleti látóhatár felett kereshető a reggeli szürkületben, megfigyelésre kedvezőtlen helyzetben. Fényessége  $1^m2$ -ről  $1^m1$ -ra, átmérője  $4,3''$ -ről  $4,5''$ -re nő.

**Jupiter:** Előretartó mozgást végez a Bak csillagképben. Kora hajnalban kel, alacsonyan látható a délkeleti égen. Fényessége  $-2^m1$ , átmérője  $36''$ .

**Szaturnusz:** Az éjszaka nagy részében látható, napkelte előtt nyugszik. Egyre lassuló hátráló mozgást végez az Oroszlán csillagképben. Fényessége  $0^m6$ , átmérője  $19''$ .

**Uránusz:** A hónap legvégén már kereshető a hajnali keleti ég legalján, a Halak csillagképben. Ekkor másfél órával kel a Nap előtt.

**Neptunusz:** Hajnalban kel. A szürkületben kereshető a Bak csillagképben, a keleti látóhatár közelében.



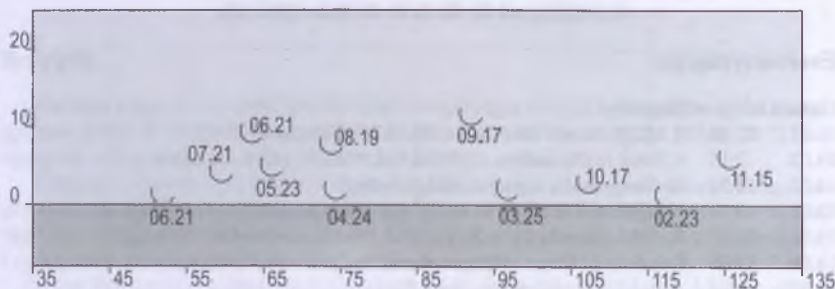
Az északi égbolt április 15-én 20:00-kor (KÖZEI)

## Eseménynaptár

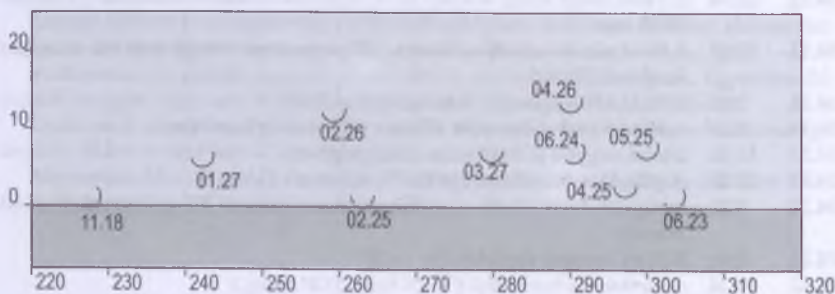
Dátum	Időpont	Esemény
04.01.	21:44	A 42,2%-os növekvő fázisú Hold 1,3 fokra az M35-től
04.02.	2:15	A Hold földközelen (370 054 km, 1937,5", 44,1%-os fázis)
04.02.	14:34	Első negyed (a Gemini csillagképben)
04.03.	3:14	A 22P/Kopff üstökös 9'-re a $\rho^1$ Sgr-től valamint 19'-re a $\rho^2$ Sgr-től
04.08.	23:20	A Hold mögé belép a 21 Vir ( $5^m,5$ , 99,4%-os növekvő holdfázis)
04.09.	14:55	Telehold (a Virgo csillagképben)
04.10.	0:45	A Hold keleti librációja ( $l = 4,63$ )
04.10.	20:30	Hold északi librációja ( $b = 6,60$ )
04.11.	18:40	A (532) Herculina kisbolygó ( $11^m,4$ ) 12,0'-re az Aldebarantól
04.12.	22:54	A Hold mögé belép a $\pi$ Sco ( $2^m,9$ , 88,5%-os csökkenő holdfázis), kilépés 23:13-kor
04.12.	23:03	A Hold súrolva elfedi a $\pi$ Sco-t a déli pereme mentén ( $2^m,9$ , 88,5%-os csökkenő holdfázis)
04.14.	3:23	A Hold eléri legkisebb deklinációját ( $-27,4^\circ$ )
04.16.	9:15	A Hold földtávolban (404 192 km, 1773,9", 61,1%-os fázis)
04.17.	13:38	Utolsó negyed (a Sagittarius csillagképben)
04.19.	23:26	A (40) Harmonia kisbolygó ( $11^m,7$ ) 4,8'-re a $\kappa$ Gem-től
04.22.	8:22	A nappali égen a 9,4%-os csökkenő fázisú Holdtól $3^\circ 2'$ -cel északkeletre a Vénusz
04.22.	8:46	A Hold nyugati librációja ( $l = -6,20$ )
04.22.	14:24	A Merkúr dichotómiája (50,0% fázis, $19,8^\circ$ elong.)
04.23.	17:23	A Hold maximális librációja ( $l = -5,82$ , $b = -6,14$ )
04.23.	19:00	A Merkúr $12'24''$ -re megközelíti a $\tau^1$ Ari-t

## Dátum Időpont Esemény

04.24.	3:06	24 óra 17 perces holdsarló 2,2° magasan a hajnali égen
04.25.	2:52	A Hold déli librációja ( $b = -6,51$ )
04.25.	3:24	Újhold (az Aries csillagképben)
04.25.	18:21	14 óra 58 perces holdsarló 2,9° magasan az esti égen
04.26.	7:48	A Merkúr legnagyobb keleti elongációja: 20,4° (0 <sup>m</sup> 3,7,9", 38% fázis, Taurus csillagkép)
04.26.	18:23	A 3,5%-os növekvő fázisú Holdtól 1° 30'-re délre a Merkúr (legkisebb távolság 17:30-kor 1° 25')
04.26.	18:23	39 óra 00 perces holdsarló 13,8° magasan az esti égen (Merkúrtól 1,5°-ra, M45-től 2,4°-ra)
04.28.	6:15	A Hold földközben (366 067 km, 1958,6", 12,9%-os fázis)
04.28.	13:10	A Hold eléri legnagyobb deklinációját (+26,2°)
04.29.	6:59	A Vénusz eléri legnagyobb fényességét, -4,5 magnitúdót
04.29.	20:32	A Hold súrolva elfedi a ZC 1052-t az északi pereme mentén (6 <sup>m</sup> 8, 27,7%-os holdfázis)
04.30.	19:12	A Merkúr 1°23'-re megközelíti a Fiastyúkot (M45)
04.30.	19:53	A Hold súrolva elfedi a ZC 1191-t az északi pereme mentén (6 <sup>m</sup> 8, 38,3%-os holdfázis)



Holdsarlók láthatósága a keleti égen



Holdsarlók láthatósága a nyugati égen



## Április 12-én Hold súrolva elfedi a $\pi$ Scorpiit

A déli perem mentén (2,9 magnitúdó, 88.5%-os csökkenő holdfázis).

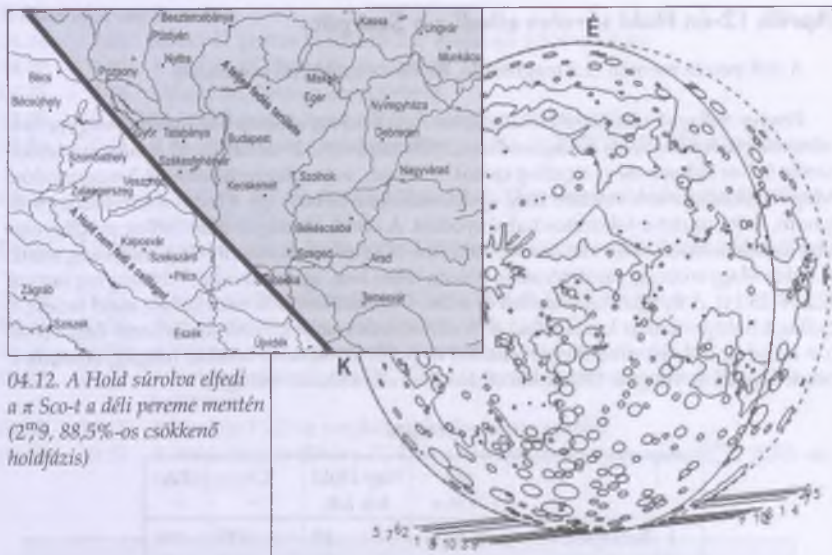
Fényes csillagok súroló fedései meglehetősen ritka égi események, emellett nagyon látványosak is. A  $\pi$  Sco ötös csillagrendszer, a főkomponens 2"-es kettős, 11,9 magnitúdós kísérlője 50"-re látható, de ez a csillag szoros, 3"-es pár, másodkomponense 13,2 magnitúdós. Maga a főkomponens emellett még spektroszkópiai binary, így a fedés során érdemes figyelni, hogy mutat-e fokozatos halványodást. A távoli 12 magnitúdós csillag megfigyelésére sajnos nem sok esély van az erős holdfázis és a csekély horizont feletti magasság miatt. A fedés Magyarország területének jó részén teljes lesz, igaz csak negyed óráig fog tartani (22:54–23:14). A nyugati határszélen és a Dél-Dunántúlon élők nem látnak majd fedést, a csillag a holdperemhez közel halad el. A súroló fedés sávja a Fertő-tó–Balaton–Baja vonalon halad (l. térkép), ahol távcsöveinkkel és pontos óráinkkal felállva megfigyelhetjük a holdi hegycsúcsok és völgyek között hol eltűnő, hol előbukkanó csillagot.

Belépés

		idő h m s	Nap Hold fok fok	CA °	PA °
1	Budapest	22 53 56	10	-13S	184
2	Debrecen	22 50 42	10	-24S	174
3	Győr	22 57 27	9	-6S	192
4	Kecskemét	22 54 50	10	-13S	185
5	Miskolc	22 50 16	9	-23S	175
6	Nyíregyháza	22 50 02	10	-26S	172
7	Salgótarján	22 50 57	9	-20S	178
8	Szeged	22 56 38	11	-10S	188
9	Székesfehérvár	22 57 31	10	-7S	191
10	Tatabánya	22 57 13	10	-7S	191

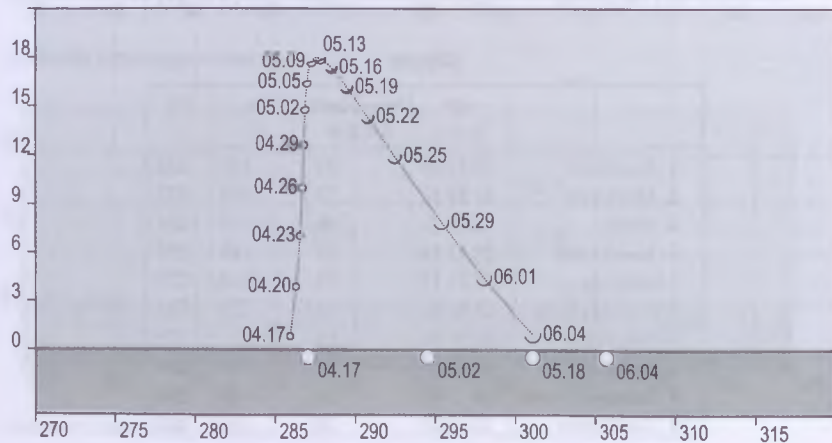
Kilépés

		idő h m s	Nap Hold fok fok	CA °	PA °
1	Budapest	23 12 36	11	14S	212
2	Debrecen	23 22 12	13	24S	222
3	Győr	23 6 20	10	6S	204
4	Kecskemét	23 12 54	12	14S	212
5	Miskolc	23 21 11	12	23S	221
6	Nyíregyháza	23 23 32	12	25S	223
7	Salgótarján	23 18 04	11	21S	218
8	Szeged	23 11 21	13	11S	209
9	Székesfehérvár	23 7 47	11	8S	206
10	Tatabánya	23 7 25	10	8S	205



### A Merkúr legjobb tavaszi láthatósága

Április 26-án a legbelső bolygó legnagyobb keleti kitérése következik be: 20,4 foknyira távolodik el központi csillagunktól. Felkeresését, mint mindig, az esti szürkület kezdetén ajánlott elkezdni; ebben segítségünkre lesz a vékony holdsarló, mely nem sokkal a Merkúr felett válik láthatóvá a sötétedő nyugati égen. Nagy napközelsége miatt az évenkénti 6–7 elongációjából csak 2–3 kitérés kísérhető igazán figyelemmel; a mostani a sikerebben megfigyelhető elongációk közé tartozik.



## A Kepler-kráter

Közepes mérete ellenére elég feltűnő látvány a Kepler-kráter, már egy kis binokulár is megmutatja. Átmérője 32 km, mélysége a peremtől a kráter aljáig 2750 m. Éppen a Mare Insularum és az Oceanus Procellarum határán fekszik, ezért megtalálása senkinek sem okozhat problémát. Legfeljebb 1,1 milliárd éves lehet. Ez a Hold esetében nem is olyan túl nagy idő, mert ha visszamennénk ebbe a távoli múltba, a Holdat már csaknem olyanak láthatnánk, mint manapság. Ahogyan az egy ilyen fiatal krátertől elvárható, hatalmas kiterjedésű világos törmelékta-  
karó veszi körül. Mind a kráter, mind pedig a környezete nagyon sok érdekes látnivalóval szolgál, akár már egy 6 cm-es refraktorral is. Ha megfelelő napállásnál (4–5 nappal első negyed után) szemléljük, amikor már a kráter egésze megvilágított, feltűnhet, hogy központi csúcs helyett csak csuszamlásnyomokkal tarkított, nagyjából lapos aljzatot láthatunk. Ez nem csoda, hiszen a vizsgálatok megmutatták, hogy a Hold esetében a 20–40 km közötti mérettartományba eső krátereknél még hiányzik a központi csúcs és a sáncfalak sem teraszos szerkezetűek, ugyanakkor a kráterek feneke már lapos, nem pedig tál alakú, mint a kisebb társaié.



*Römer Péter diorámája a Kepler-kráterről*

## Kisbolygók

**(8) Flora.** A naptávolságban tartózkodó kisbolygó fényessége alig éri el a 10 magnitúdót, így a mostani az évtized legrosszabb szembenállása lesz. A Virgoban látható égitest április 8-án és 9-én néhány ívperce megközelíti az NGC 5506-7 galaxispárost, 27-én pedig 5 ívperce délre halad el a 5,2 magnitúdós 90 Virginistől.

**(14) Irene.** A Virgo csillagképben látható kisbolygó fényessége a hónap közepén eléri a 8,9 magnitúdót, ami a lehetséges legnagyobb érték. Április 22-én hajnalban 3 ívperccel északra lesz látható az NGC 5501 galaxistól.

## Üstökösök

**C/2006 W3 (Christensen).** Ezt a nagy abszolút fényességű, az Oort-felhőből érkezett üstökös napközelsége előtt majd' három évvel találta meg Eric Christensen, a Catalina Sky Survey 68 cm-es Schmidt-teleszkópjával. A 18,1 magnitúdós égitest ekkor 8,7 CSE-re járt központi csillagunktól. Napközelpontját 2009. július 6-án éri el 3,127 CSE távolságban. A számítások szerint ebben a hónapban fényessége eléri a 12 magnitúdót, miközben a hajnali égen, a Pegasus csillagképben eléri keleti stacionárius pontját.

**22P/Kopff.** A Sagittarius, majd a Capricornus csillagképben láthatjuk ezt a gyorsan fényesedő és egyre magasabban látszó üstököst. Fényessége a hónap végére meghaladhatja a 9 magnitúdót, miközben 3-án hajnalban elhalad a  $\rho^1$  és  $\rho^2$  Sagittarii között, majd 25-én 1 fokkal délre látható a  $\beta$  Capricornitól. Április 27-én napközben „lehagyja” a sokkal kisebb sajátmozgású (5) Astraea kisbolygót, melynek fényessége ezekben a napokban 12,5 magnitúdó körül alakul. A legkisebb távolság alig 3 ívperc lesz a két égitest között, hazánkból 27-én hajnalban látszik a legközelebb egymáshoz a két égitest.

**C/2007 N3 (Lulin).** A 9 és 11 magnitúdó között halványuló üstökös a Gemini csillagképben figyelhető meg egész hónapban. A stationárius pontja körül forduló vándor egy 2,5 fokos területen belül mozog az esti égen.

C/2006 W3 (Christensen)

Dátum	RA (h m s)	D (° ' ")	R (CSE)	r (CSE)	E (°)	$m_v$ (m)
04.01.	22 45 46	+33 57 28	3,967	3,264	40	12,1
04.11.	22 49 06	+33 59 40	3,900	3,237	43	12,1
04.21.	22 51 21	+34 09 58	3,809	3,214	47	12,0
05.01.	22 52 15	+34 26 26	3,696	3,193	53	11,9
05.11.	22 51 27	+34 46 38	3,562	3,174	60	11,8
05.21.	22 48 36	+35 07 47	3,412	3,159	67	11,7
05.31.	22 43 15	+35 26 05	3,248	3,146	75	11,5
06.10.	22 34 55	+35 36 11	3,076	3,137	84	11,4
06.20.	22 23 10	+35 30 54	2,902	3,130	93	11,3
06.30.	22 07 37	+35 00 23	2,734	3,127	103	11,1
07.10.	21 48 19	+33 52 33	2,581	3,126	113	11,0
07.20.	21 25 50	+31 55 07	2,454	3,129	123	10,9
07.30.	21 01 25	+28 59 13	2,362	3,134	132	10,8
08.09.	20 36 53	+25 05 28	2,316	3,143	138	10,8
08.19.	20 14 03	+20 26 42	2,322	3,154	139	10,8
08.29.	19 54 20	+15 25 02	2,381	3,169	134	10,9
09.08.	19 38 27	+10 24 38	2,490	3,186	126	11,0
09.18.	19 26 30	+05 43 45	2,639	3,206	116	11,2
09.28.	19 18 11	+01 32 27	2,820	3,229	105	11,3
10.08.	19 13 02	-02 06 15	3,020	3,255	95	11,5
10.18.	19 10 34	-05 13 48	3,232	3,283	84	11,7
10.28.	19 10 17	-07 53 33	3,447	3,313	74	11,9

## A Lyridák meteorraj

A raj április 16–25. között aktív, maximuma április 22-én esedékes. A ZHR nagysága általában 18 körül van, de előfordult kitöréskor 90 feletti érték is. Ezeknek a kitöréseknek az oka egyelőre ismeretlen, de nagy valószínűséggel a bolygók perturbációs hatásának hiánya miatt van. A rajtagok sebessége 49 km/s, tehát viszonylag gyorsak.



A rajt 2600 éves történelmi feljegyzésekben is azonosították, de viszonylag későn, 1835-ben fedezte fel Dominique François Jean Arago. Szervezett megfigyelési kampányok során megerősítették a létezését, majd ennek hatására a régebbi megfigyelésekben is megtalálták a nyomát. A szülőbobjektumot 1867-ben azonosították, a Thatcher (1861 I) üstökös képeben.

Audrius Dubietis és Rainer Arlt 2001-ben publikálta részletes tanulmányát a rajról az 1988–2001 közötti időszakra. Ez volt a közelmúlt legrészletesebb vizsgálata az áramlatról. A legfontosabb újdonság az, hogy a maximum időpontja évről évre változik  $SL=32,0-32,45$  között. Habár a csúcs ZHR az utóbbi 16 évben 18 körüli volt, az aktuális maximum nagysága változhat annak függvényében, hogy mikor következik be a maximum. Az ideális időben ( $SL=32,32$ ) bekövetkező maximumkor lesz a legmagasabb várható ZHR, míg ettől eltérő időpontokban alacsonyabb, 14 körüli érték várható. (Az utolsó nagyon magas maximum a vizsgált időtartamon kívül történt 1982-ben az USA-ban, amikor is rövid ideig 90 felett volt a ZHR értéke.) Az általános elgondolás szerint a maximum rövid, éles, de ez a tanulmány megmutatta, hogy a maximumok hossza szintén változik. 1993-ban 14,8 óra volt a maximum felének időtartama, míg 2000-ben 61,7 óra. Az átlagos szélesség 32,1 óra körül van. A XX. század elejei észleléseket megvizsgálva találtak egy másik jellegzetességet is. A halvány rajtagok száma néha rövid időre megemelkedik. A fentiek miatt a maximum gyakorlatilag megjósolhatatlan, így „igazi kihívás” a raj észlelése.

## 100 óra csillagászat: Sidewalk Astronomy



A Csillagászat Nemzetközi Évének egyik érdekes kezdeményezése a 100 óra csillagászat (100 Hours of Astronomy) elnevezésű projekt, melynek során április 2–5. között különféle csillagászat-népszerűsítő programokat tartanak szerte a világban. Ezek közül az egyik a sidewalk astronomy, amit pestiesen „flasztercsillagászat”-ként is fordíthatnánk. Nincs másról szó, mint arról, hogy a programban részt vevők egyszerűen felállítják távcsövéket valamilyen, lakóhelyükhöz közeli forgalmasabb téren vagy utcasarkon, és az arra járóknak bemutatják az éppen megfigyelhető égitesteket – minden különösebb előzetes szervezés nélkül.



*John Dobson 1994-ben, amatőrök körében*

Minderre a magyar amatőrmozgalomban is vannak szép példák, például az ötvenes-hatvanas években a székesfehérvári szakkör fő szervezője, Hajmási József tízezreknek tartott ilyen bemutatókat a városi buszpályudvaron.

A világ legismertebb „flashtercsillagásza” azonban John Dobson (igen, a híres Dobson-távcső kitalálója!), aki – munkatársaival együtt – milliók számára tartott ilyen bemutatókat, és tevékenysége sokak számára példamutató. A mozgalom elindítójának honlapja: <http://www.sfsidewalkastronomers.org/>

Tartsunk mi is távcsöves távcsöves bemutatót áprilisban (és egész évben, bármikor, bárhol) a legközelebbi utcasarkon!

## A Bálna-galaxis és a Hokiütő-köd a Vadászebekben

Áprilisi ajánlatunk a Canes Venatici egyik fényes galaxisa és környéke. Az NGC 4631-et Bálna-galaxisnak szokták nevezni furcsa alakja után. Az erősen elnyúlt,  $15 \times 3,5$  ívperces égitest 9 magnitúdós, így egy jobb binokulárral is megpillantható. Távolsága 12 millió fényév, ezzel hatszor messzebb van az Andromeda-ködnél. Típusa küllös spirál, de mivel eléről látunk rá, ezt nem érzékelhetjük. Felszínét elborítják a porsávok és a fényes foltok, nagy műszerekkel egészen csodálatos látványt nyújt. Kísérőjével, az NGC 4627-tel kölcsönhatásban áll – 10–15 cm-es műszerrel ezt is megpillanthatjuk. A közelben találunk rá az NGC 4656–7 galaxispárosra. Az összeolvadó kölcsönható rendszert szokatlan, elnyúlt formája miatt Hokiütő-ködnek is nevezik, a fő galaxis spirálkarjának „hegyén” ül az NGC 4657. Távcsőben ezek a galaxisok kisebb műszerekkel is jól láthatóak, 7 cm-es műszer sötétebb égen már megmutatja őket. Részleteik elkülönítéséhez nagyobb, legalább 20–25 cm-es műszerre van szükség.

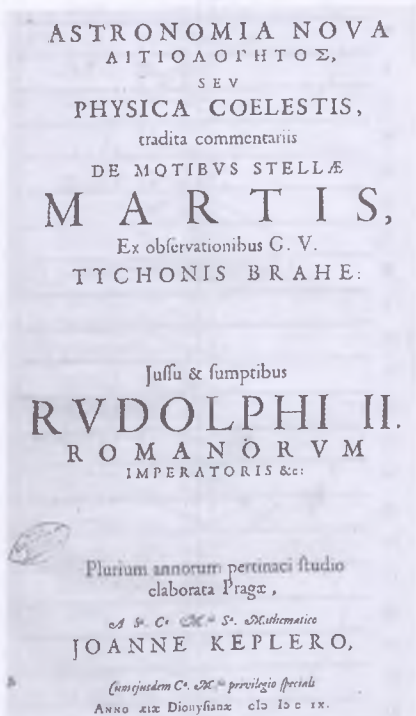


*Tóth Zoltán 2007 áprilisában vette szemügyre a Bálna-galaxist és az NGC 4627-et 50,8 cm-es Dobson-távcsővével. Rajza 273-szoros nagyítással készült, az ábrázolt látómező 16 ívperc.*

## Évforduló

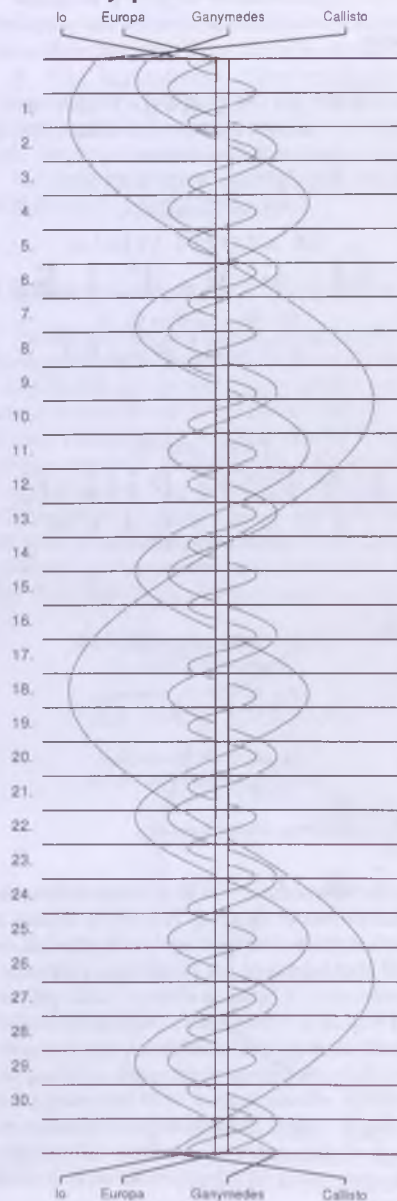
## Négyszáz éve jelent meg Kepler Új csillagászata

Johannes Kepler (1571–1630) pályakezdő éveitől szinte megszállottan kereste a kozmosz harmóniáját (elsősorban a Naprendszert) leíró rendet, az „Isteni törvényeket”. Vizsgálatainak kiindulópontja már kizárólag a napközpontú (heliocentrikus) bolygórendszer képe volt. Első próbálkozása utóbb tévútnak bizonyult, azonban megjelenésekor nagy érdeklődést keltett (*Mysterium Cosmographicum*, 1597). Tycho de Brahe (1546–1601) 1601-ben munkatársául hívta meg Prágába, és megbízta a Mars mozgásának tanulmányozásával. Tycho váratlan halála után Kepler hozzájutott elődének hosszú időre terjedő, minden korábbiánál pontosabb bolygópozíció-méréseihez. Kepler a Mars keringését vizsgálva előbb két fontos felismerésre jutott: a bolygók pályája nem kör, hanem ellipszis alakú, továbbá keringésük szögsebessége a naptávolság függvényében változik. Két évezreden át minden bolygórendszer-modell abból az alaptételből indult ki, hogy az égitestek csakis a „legtökéletesebb síkidom”, a kör mentén, egyenletes sebességgel keringhetnek. A tökéletes körpályák képzetétől Kopernikusz sem tudott megszabadulni, sőt továbbbi, az epicikloison mozgó kisebb körpályákat is beépített rendszerébe. (A kopernikuszi rendszer ily módon bonyolultabbá vált a ptolemaioszinál!) Kepler igen szellemes módszerrel a Mars látszó helyzeteiből visszavetítve meghatározta a Föld keringésének alakját (és a Nap helyzetét). Ezután a Mars több évtizedes helyzetméréseiből megszerkesztette a bolygó Nap körüli pályáját, és keringési sebességének változását. Az 1602–1607 közt folytatott, sok nehézséggel teli munkája eredményeként lefektette első két alaptörvényét: 1. A bolygók ellipszis alakú pályán keringenek, amelynek egyik gyújtópontjában a Nap áll. 2. A bolygókat a Nappal összekötő képzelt egyenes (a vezérsugár) egyenlő időközök alatt egyenlő területeket sűrol; ami leegyszerűsítve annyit jelent, hogy napközben a bolygók keringése gyorsabb, mint naptávolban. A bolygómozgás két Kepler-féle törvénye először Kepler 1609-ben megjelent művében, az *Astronomia Nova* Novában látott napvilágot. A maga korában Kepler munkájának legnagyobb szemléleti jelentősége az volt, hogy végleg szakított a tökéletes körmozgás képzetével. Kepler 650 oldalas, 60 fejezetre felosztott műve 1607-ben készült el, II. Rudolf császárnak címzett előszava 1609 áprilisában kelt.

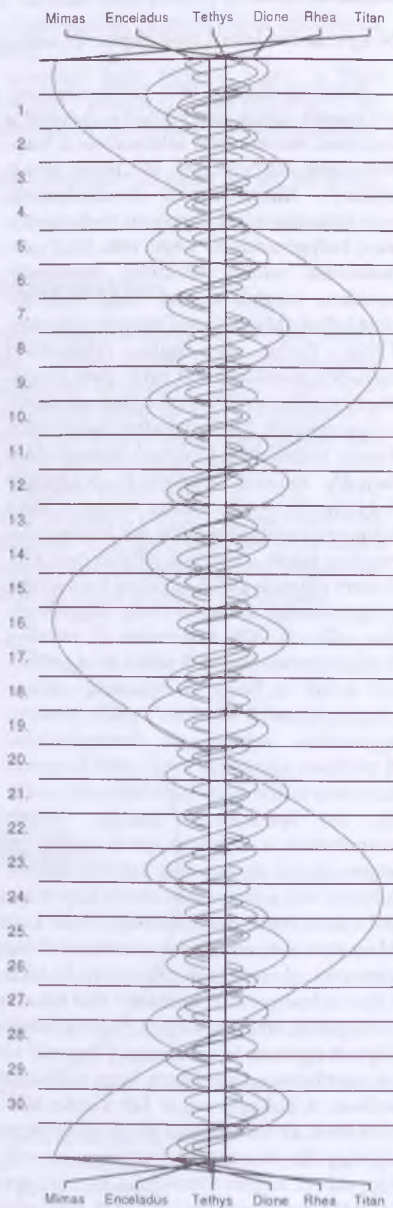
Az *Astronomia Nova* címdala



### Jupiter-holdak



### Szaturnusz-holdak





## Jupiter

d	UT h:m	hold	j
3	3:7.3	I	ek
4	2:47.0	I	mv
5	3:36.4	E	fk
13	2:17.3	G	áv
	3:27.8	G	ek
18	3:10.4	I	fk
19	2:36.6	I	áv
20	2:41.0	G	ák
22	2:41.6	C	fk
26	2:13.3	I	ák

## Szaturnusz

d	UT h:m	hold	j
1	1:2.2	Te	ev
	1:20.1	Te	áv
	3:37.3	Di	ek
	20:45.5	Te	mk
	23:59.5	Te	fv
2	19:24.9	Te	ek
	19:40.5	Te	ák
	22:19.8	Te	ev
	22:39.1	Te	áv
3	18:3.3	Te	mk
	21:17.3	Di	ek
	21:18.5	Te	fv
	21:37.4	Di	ák
4	0:20.9	Di	ev
	0:53.5	Di	áv
	18:59.3	Rh	ev
	19:37.4	Te	ev
	19:58.1	Te	áv
	19:58.5	Rh	áv
5	18:37.5	Te	fv
6	18:0.2	Di	ev
	18:35.8	Di	áv
	21:52.2	Rh	mk
7	2:13.6	Rh	fv
	23:52.6	Di	mk
10	21:15.3	Di	fv
12	2:17.8	Di	ek
	2:43.9	Di	ák
13	19:38.6	Rh	ev
	20:55.5	Rh	áv
14	19:58.1	Di	ek
	20:26.1	Di	ák
	22:58.5	Di	ev
	23:43.0	Di	áv
15	1:50.8	Te	mk
	22:38.2	Rh	mk
16	0:30.5	Te	ek
	0:53.5	Te	ák
	23:8.8	Te	mk

d	UT h:m	hold	j
17	2:31.7	Te	fv
	21:48.6	Te	ek
	22:12.5	Te	ák
18	0:41.8	Te	ev
	1:11.2	Te	áv
	20:26.9	Te	mk
	22:33.9	Di	mk
	23:50.8	Te	fv
19	2:22.5	Di	fv
	19:6.7	Te	ek
	19:31.5	Te	ák
	21:59.7	Te	ev
	22:30.3	Te	áv
20	21:9.8	Te	fv
21	19:17.7	Te	ev
	19:49.3	Te	áv
	20:5.0	Di	fv
22	18:28.9	Te	fv
	20:20.3	Rh	ev
	21:52.5	Rh	áv
23	0:59.7	Di	ek
	1:32.8	Di	ák
24	23:25.4	Rh	mk
25	18:40.4	Di	ek
	19:15.1	Di	ák
	21:38.2	Di	ev
	22:32.7	Di	áv
29	21:16.6	Di	mk
30	1:12.4	Di	fv

$\lambda = 19^\circ, \varphi = 47,5^\circ$ **Kalendárium – május**

KÖZEI

Dátum	Nap					Hold			
	kel, h m	delel, h m	nyugszik, h m	$h_d$ , °	$E_t$ , m	kel, h m	delel, h m	nyugszik, h m	fázis, h m
<b>18. hét</b>									
1. p 121.	4 27	11 41	18 56	57,7	+2,9	10 07	17 51	0 51	● 21 45
2. sz 122.	4 25	11 41	18 57	58,0	+3,0	11 27	18 42	1 19	
3. v 123.	4 23	11 40	18 59	58,3	+3,1	12 45	19 31	1 42	
<b>19. hét</b>									
4. h 124.	4 22	11 40	19 00	58,6	+3,2	14 00	20 17	2 02	
5. k 125.	4 20	11 40	19 01	58,9	+3,3	15 13	21 02	2 20	
6. sz 126.	4 19	11 40	19 03	59,1	+3,4	16 26	21 48	2 38	
7. cs 127.	4 17	11 40	19 04	59,4	+3,4	17 39	22 34	2 58	
8. p 128.	4 16	11 40	19 05	59,7	+3,5	18 51	23 23	3 21	
9. sz 129.	4 14	11 40	19 07	60,0	+3,5	20 01	-	3 48	○ 5 01
10. v 130.	4 13	11 40	19 08	60,2	+3,6	21 05	0 13	4 21	
<b>20. hét</b>									
11. h 131.	4 12	11 40	19 09	60,5	+3,6	22 01	1 05	5 03	
12. k 132.	4 10	11 40	19 11	60,7	+3,6	22 47	1 57	5 53	
13. sz 133.	4 09	11 40	19 12	61,0	+3,7	23 24	2 48	6 51	
14. cs 134.	4 08	11 40	19 13	61,2	+3,7	23 53	3 37	7 55	
15. p 135.	4 06	11 40	19 14	61,5	+3,7	-	4 23	9 01	
16. sz 136.	4 05	11 40	19 16	61,7	+3,6	0 17	5 08	10 08	
17. v 137.	4 04	11 40	19 17	61,9	+3,6	0 37	5 51	11 15	● 8 27
<b>21. hét</b>									
18. h 138.	4 03	11 40	19 18	62,1	+3,6	0 55	6 33	12 23	
19. k 139.	4 02	11 40	19 19	62,4	+3,5	1 12	7 15	13 32	
20. sz 140.	4 01	11 40	19 21	62,6	+3,5	1 30	7 59	14 43	
21. cs 141.	3 59	11 40	19 22	62,8	+3,4	1 49	8 46	15 59	
22. p 142.	3 58	11 40	19 23	63,0	+3,4	2 11	9 37	17 18	
23. sz 143.	3 57	11 40	19 24	63,2	+3,3	2 39	10 32	18 40	
24. v 144.	3 56	11 40	19 25	63,3	+3,2	3 16	11 33	20 00	● 13 12
<b>22. hét</b>									
25. h 145.	3 56	11 41	19 26	63,5	+3,1	4 07	12 37	21 10	
26. k 146.	3 55	11 41	19 27	63,7	+3,0	5 11	13 42	22 06	
27. sz 147.	3 54	11 41	19 28	63,9	+2,9	6 28	14 45	22 49	
28. cs 148.	3 53	11 41	19 29	64,0	+2,8	7 51	15 45	23 21	
29. p 149.	3 52	11 41	19 30	64,2	+2,6	9 14	16 38	23 46	
30. sz 150.	3 51	11 41	19 31	64,3	+2,5	10 34	17 28	-	
31. v 151.	3 51	11 41	19 32	64,5	+2,4	11 50	18 15	0 07	● 4 23

A nyári időszámítás alatt (dőlt betűvel szedve) a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát hozzá kell adni!

## május

nap	Julián dátum 12 <sup>h</sup> UT	$\theta_{gr}$ 0 <sup>h</sup> UT h m s	névnapok
1.	2 454 953	14 36 13	<b>A munka ünnepe;</b> Fülöp, Jakab, Benedek, Berta, József
2.	2 454 954	14 40 09	Zsigmond, Ráhel
3.	2 454 955	14 44 06	Tímea, Irma, Antónia, Jakab, Sándor, Viola, Zsaklin
4.	2 454 956	14 48 03	Mónika, Flórián, Amália, Antónia, László
5.	2 454 957	14 51 59	Györgyi, Erna, Irén, Irina, Judit, Viola
6.	2 454 958	14 55 56	Ivett, Frida, Ditta, Friderika, Ida, János, Judit, Tamara
7.	2 454 959	14 59 52	Gizella, Dalma
8.	2 454 960	15 03 49	Mihály, Géza, Győző, Péter
9.	2 454 961	15 07 45	Gergely, Édua, Gergő, György, Karola, Kristóf, Sarolta
10.	2 454 962	15 11 42	Ármin, Pálma, Antónia, Armand, Míra
11.	2 454 963	15 15 38	Ferenc, Jakab
12.	2 454 964	15 19 35	Pongrácz, Dalma, Gyöngyi, Johanna, Viktor
13.	2 454 965	15 23 32	Szervác, Imola, Fatima, Gellért, Glória, Róbert, Roberta
14.	2 454 966	15 27 28	Bonifác, Aglája, Gyöngyi, Julianna
15.	2 454 967	15 31 25	Zsófia, Szonja, Döníz, Izóra, János
16.	2 454 968	15 35 21	Mózes, Botond, János, Simon
17.	2 454 969	15 39 18	Paszkál, Andor
18.	2 454 970	15 43 14	Erik, Alexandra, Erika, Kamilla, Klaudia, Szandra
19.	2 454 971	15 47 11	Ivó, Milán
20.	2 454 972	15 51 07	Bernát, Felícia, Hanna, Johanna
21.	2 454 973	15 55 04	Konstantin, András, Mirella
22.	2 454 974	15 59 01	Júlia, Rita, Emil, Julianna, Renáta
23.	2 454 975	16 02 57	Dezső, Renáta, Vilmos
24.	2 454 976	16 06 54	Eszter, Eliza, Mária, Simon, Szimonetta, Vince, Zsófia
25.	2 454 977	16 10 50	Orbán, Gergely, Gergő, György, Magdolna, Márk
26.	2 454 978	16 14 47	Fülöp, Evelin, Aladár, Gyöngyvér
27.	2 454 979	16 18 43	Hella, Ágoston, Gyula
28.	2 454 980	16 22 40	Emil, Csanád, Ágoston, Vilma, Vilmos
29.	2 454 981	16 26 36	Magdolna, Mária
30.	2 454 982	16 30 33	Janka, Zsanett, Dezső, Hanna, Johanna, Nándor
31.	2 454 983	16 34 30	<b>Pünkösöd;</b> Angéla, Petronella, Mária, Matild



*A déli égbolt május 15-én 20:00-kor (KÖZEI)*

## Bolygók

**Merkúr:** A hó elején egy és háromnegyed órával nyugszik a Nap után, könnyen látható az esti nyugati ég alján. Láthatósága a hónap második hetében gyorsan romlik, 18-án már alsó együttállásban van a Nappal. A hónap legvégén újra kereshető napkelte előtt a keleti ég alján, de láthatósága nagyon kedvezőtlen.

**Vénusz:** Feltűnően látszik a hajnali keleti égen. Egész hónapban másfél órával kel a Nap előtt. Fényessége  $-4^m5$ -ről  $-4^m3$ -ra, átmérője  $40''$ -ről  $25''$ -re csökken, fázisa 0,24-ről 0,46-ra nő.

**Mars:** Előretartó mozgást végez a Halak csillagképben. A hajnali égen látható a délkeleti látóhatár felett. A hónap elején egy, a végén másfél órával kel a Nap előtt. Fényessége  $1^m1$ , átmérője  $4,5''$ -ről  $4,7''$ -re nő.

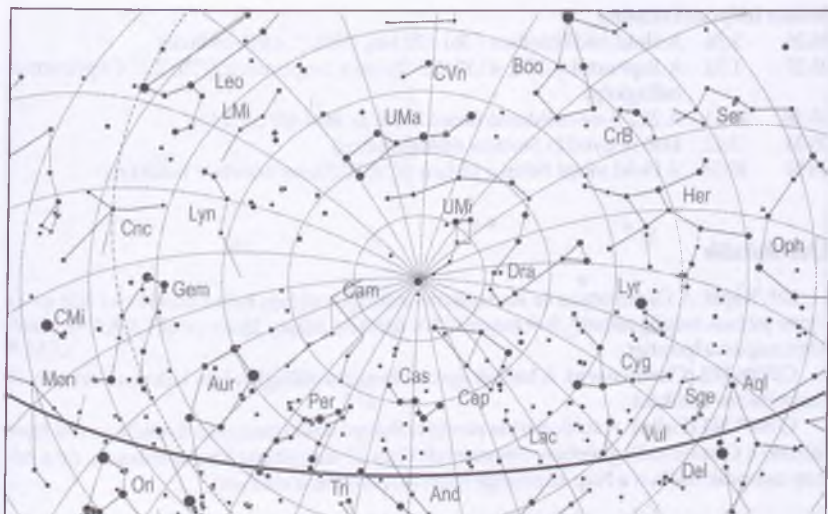
**Jupiter:** Előretartó mozgást végez a Bak csillagképben. Éjfél után kel, az éjszaka második felében feltűnően látszik a délkeleti ég alján. Fényessége  $-2^m3$ , átmérője  $39''$ .

**Szaturnusz:** Az éjszaka első felében látható az Oroszlán csillagképben, hajnalban nyugszik. Kezdetben hátráló, majd 17-től előretartó mozgást végez. Fényessége  $0^m8$ , átmérője  $18''$ .

**Uránusz:** Kora hajnalban kel. A hajnali délkeleti ég alján, közel a látóhatárhoz kereshető a Halak csillagképben.

**Neptunusz:** Éjfél után kel. Hajnalban kereshető a Bak csillagképben. 29-én mozgása előretartóból hátrálóra változik.





*Az északi égbolt május 15-én 20:00-kor (KÖZEI)*

## Eseménynaptár

### Dátum Időpont Esemény

05.01.	20:45	Első negyed (a Cancer csillagképben)
05.01.	22:38	A Hold mögé belép az $\alpha^2$ Cnc ( $5^m7$ , 50,9%-os növekvő holdfázis)
05.01.	22:49	A Hold mögé belép az $\alpha^1$ Cnc ( $5^m2$ , 51,0%-os növekvő holdfázis)
05.06.	7:56	A Hold keleti librációja ( $l = 6,14$ )
05.07.	23:35	A Hold északi librációja ( $b = 6,60$ )
05.09.	4:01	Telehold (a Libra csillagképben)
05.10.	20:21	A Hold mögül kilép az Antares ( $\alpha$ Sco, $1^m1$ , kettőscsillag, 97,1%-os csökkenő fázis)
05.12.	0:25	A Hold eléri legkisebb deklinációját ( $-27,3^\circ$ )
05.14.	2:53	A Hold földtávolban (404 880 km, $1770,8''$ , 78,6%-os fázis)
05.17.	1:39	Az 52,3%-os csökkenő fázisú Holdtól $2^\circ58'$ -cel keletre a Neptunusz
05.17.	2:28	A 52,0%-os csökkenő fázisú Holdtól $2^\circ22'$ -cel keletre a Jupiter (legkisebb távolság 05:18-kor $2^\circ5'$ )
05.17.	7:27	Utolsó negyed (a Capricornus csillagképben)
05.18.	7:24	A Merkúr alsó együttállásban a Nappal (a Naptól 0,9 fokra)
05.20.	1:40	A Jupiter $4' 19''$ -ra megközelíti a $\mu$ Cap-ot
05.20.	5:41	A Hold nyugati librációja ( $l = -7,10$ )
05.21.	19:50	A (8) Flora ( $10^m3$ ) $1,8'$ -re a $\zeta$ Vir-től
05.22.	8:55	A Hold déli librációja ( $b = -6,59$ )
05.23.	2:20	33 óra 51 perces holdsarló $5,2$ fok magasan a hajnali égen
05.24.	12:11	Újhold (a Taurus csillagképben)
05.25.	12:25	A Hold eléri legnagyobb deklinációját ( $+26,0^\circ$ )
05.25.	19:05	30 óra 54 perces holdsarló $7,8$ fok magasan az esti égen

**Dátum Időpont Esemény**

05.26.	3:36	A Hold földközeli (361 170 km, 1985,2", 4,0%-os fázis)
05.27.	1:24	A Jupitertől (-2 <sup>m</sup> 4, 41,1") 23' 23"-re a Neptunusz (7 <sup>m</sup> 9, 2,3" Capricornus csillagkép)
05.28.	19:41	A 24,7%-os csökkenő fázisú Hold az M44-től 2,9 fokra
05.31.	3:22	Első negyed (a Sextans csillagképben)
05.31.	20:18	A Hold mögé belép a 69 Leo (5 <sup>m</sup> 4, 57,7%-os növekvő holdfázis)

**Üstökösök**

**22P/Kopff.** A Capricornus és az Aquarius csillagképekben halad északkelet felé ez az egyre jobban megfigyelhető, 8–9 magnitúdós üstökös. Május 25-én éri el 1,578 CSE távolságú napközelpontját.

**C/2006 W3 (Christensen).** A hajnali égen, a Pegasus csillagképben láthatjuk ezt a 11-12 magnitúdós üstökösöt.

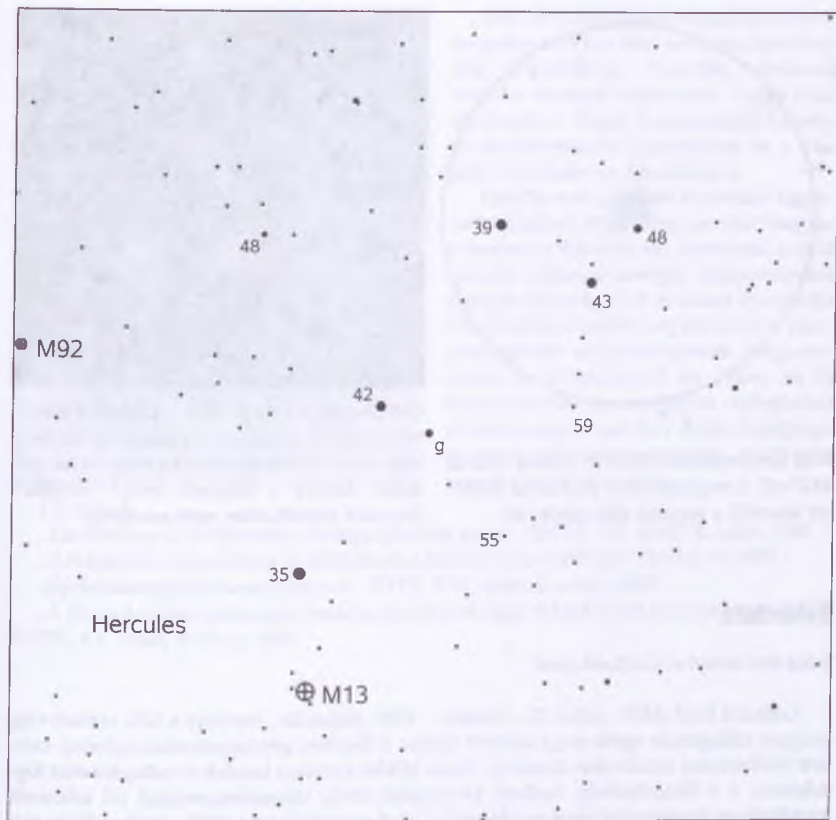
**C/2007 N3 (Lulin).** A stacionárius pontját elhagyó, lassú mozgású üstökös az esti égen látható a Gemini csillagképben. Fényessége 11 és 13 magnitúdó között csökken, de a hónap második felében a Nap közelsége miatt már nem lesz elérhető.

**A Herkules fényes változócsillaga:  $\gamma$  Herculis**

A  $\gamma$  Herculis a 4,2 magnitúdós  $\sigma$  Her közvetlen szomszédságában található félszabályos változócsillag, kisebb látszóvekel könnyen észrevehetjük narancssárga-vöröses színét. Bonyolult fényváltozását pulzáció, azaz ismétlődő kitágulás és összehúzódás okozza, amely 90 napos és 860 napos periódusokkal jellemezhető. Tipikus félszabályos vörös óriásként fénygörbéje nem ismétlődik szigorúan. A 4,5 és 6,0 magnitúdó között ingadozófényességű csillag vizuális észlelése sötétebb égen szabad szemmel is folytatható, fényszennyezett városi ég alól viszont jobb kisebb binokulárokat igénybe venni. Heti rendszerességgel érdemes feljegyezni fényességét, így a kis amplitúdójú, ám félszabályos változók között gyorsnak tekinthető 90 napos pulzációja néhány hónap alatt kimutatható a kevésbé pontos vizuális észlelésekből is. A Napnál mintegy 230-szor nagyobb csillag távolsága 360 fényév, luminozitása néhány ezer napluminozítás. Csillagfejlődési szempontból kis tömegű vörös óriáscsillag, becsült tömege 1–2 naptömeg. A mellékelt térkép 18 fokos látómezőt ábrázol, segítségével a  $\gamma$  Her mellett a Hercules két fényes gömbhalmazát, az M13-at és az M92-t is felkereshetjük.

**A Lyr-gyűrűsköd (M57)**

A Lyr csillagképben könnyű rátalálni az M57-re – elég a  $\beta$  és a  $\gamma$  Lyr közé állítani nem túl nagy nagyítással műszerünket. A másfél ívperc átmérőjű gyűrűs szerkezetű ködösség rendkívül látványos, népszerű elnevezése Gyűrűs-köd. Az 1140 fényév távolságból pislákoló füstkarika valójában 0,4 fényév átmérőjű. A gázhéjat kb. 20 ezer éve fújta le egy idős csillag, helyén fehér törpe maradt vissza, fényességére 14–16<sup>m</sup> körüli adatokat adnak meg



A g Herculis környezete

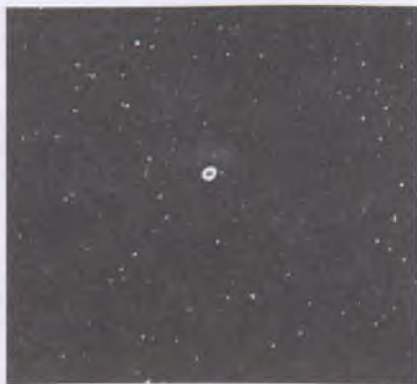
(lehetőséges, hogy változócsillag). A központi csillagot a magyar Gothard Jenő fényképezte le először 1886-ban – bizonyítva, hogy egy adott műszerrel a vizuálisan megpillanthatóknál jóval halványabb égitestek is lefényképezhetők.

A csillagot 20 cm-es műszerrel nehéz vagy lehetetlen megpillantani, elsősorban a belső terület ragyogása miatt, érdemes nagy nagyítással észlelni. 40 cm körüli távcső már egyértelműen mutatja, de legalább 200-szoros nagyítást kell használnunk.

A köd gyűrűs szerkezete mindenféle távcsővel nyilvánvaló. 10 cm-essel, minimum 100-szoros nagyítással egészen finom struktúrája van, a gyűrűkben szálak és csomók látszanak, melyek szűrővel még kifejezettebbek. Belső, fényes területeit kétszer akkora gáz-héj veszi körül, alakja egy pillangóra hasonlít. Ezt is megpillanthatjuk kisebb távcsővel, természetesen sötét égbolt alól.



Wolf Sándor amatőr csillagász 2004-es rajza az M57-ről. A megfigyeléshez 20,3 cm-es távcsövet használt, a nagyítás 185-szörös volt.



Gothard Jenő eredeti fényképe a planetáris ködről, melyen felfedezte a központi csillagot. A kép tanúsága szerint (a köd melletti 12,4 magnitúdós csillaghoz képest) a központi égitest jelentősen fényesebb lehetett akkor, mint manapság.

## Évforduló

### Száz éve hunyt el Gothard Jenő

Gothard Jenő (1857. május 31., Herény – 1909. május 29., Herény) a XIX. század végi magyar csillagászat egyik meghatározó alakja. A Bécsben gépészmérnöki diplomát szerzett földbirtokos fiatalember Konkoly Thege Miklós hatására kezdett el csillagászattal foglalkozni, s a Szombathely melletti Herényben lévő, laboratóriumokkal jól felszerelt kastélyában obszervatóriumot rendezett be, ahol az első észlelés 1881. október 20-án történt meg.

Gothard már az alapításkor az emissziós ködök és az üstökösök spektrumának vizsgálatát tűzte ki célul. Több üstökös színképében kimutatta szénhidrogének jelenlétét. A  $\beta$  Lyrae spektrumának tanulmányozása során észrevette a hidrogén és a hélium vonalainak periodikus megjelenését és eltűnését, de ez a felfedezés csak a későbbi asztrofizikai ismeretek birtokában vált értelmezhetővé. 1892-ben a Nova Aurigae spektrumának vizsgálata során alapvető összefüggést tárt fel a nóvák és a planetáris ködök kapcsolatáról, kimutatta, hogy a nóva spektruma gyakorlatilag megegyezik a bolygószerű köd színképével.

1885-től Gothard csaknem teljesen felhagyott a vizuális észleléssel és áttért a fotografikus megfigyelésekre. Ő volt az első, aki szabad szemmel nem látható üstökösről felvételt készített, 1885-ben lefényképezte az Andromeda-ködben feltűnt szupernóvát, s az ő nevéhez fűződik a Lyra gyűrűs-köd központi csillagának fotografikus úton történő első detektálása is 1886 őszén.





Jelentős csillagászati műszerépítő tevékenysége is. A kor több neves európai intézete (Heidelberg, Potsdam, Brüsszel) számára készített eszközöket. Tagjai közé választotta a Royal Astronomical Society, az Astronomische Gesellschaft és a Magyar Tudományos Akadémia is.

1894/95-ben Gothard közvetlen közreműködésével épült meg az első magyar vízerőmű a Rába folyón, Ikerváron, s az itt termelt villamos energia hasznosítására létrejött társaság első műszaki igazgatója lett. Közben kísérleteket folytatott a röntgensugárzás tulajdonságainak megismerésére is. A következő tíz évben az új feladatok háttérbe szorították csillagászati tevékenységét, melyhez aztán betegsége és korán bekövetkezett halála miatt már nem is tudott visszatérni.

**Fő művei:**

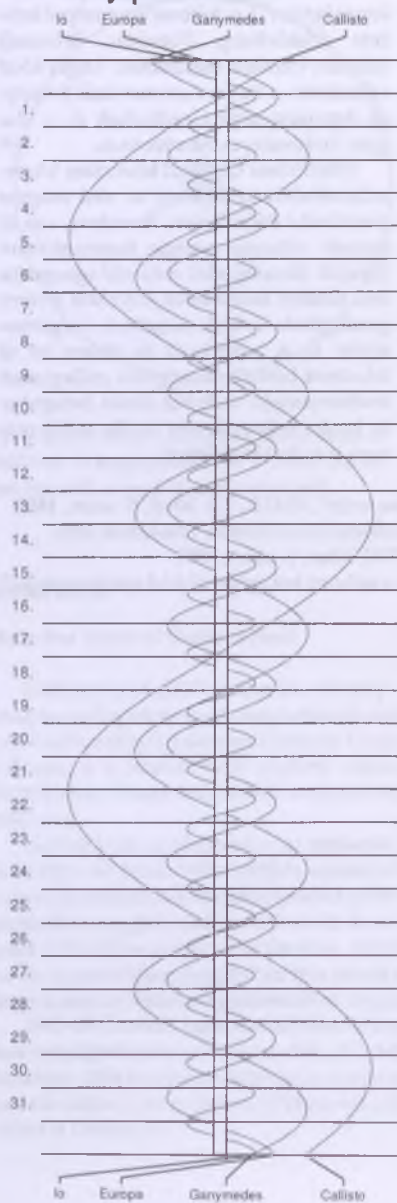
„Tanulmányok az égitestek photographálása terén”, ÉMTK, XII. kötet, 8. szám, 1885

„A fotografia / Gyakorlata és alkalmazása tudományos czélokra”, Budapest 1890

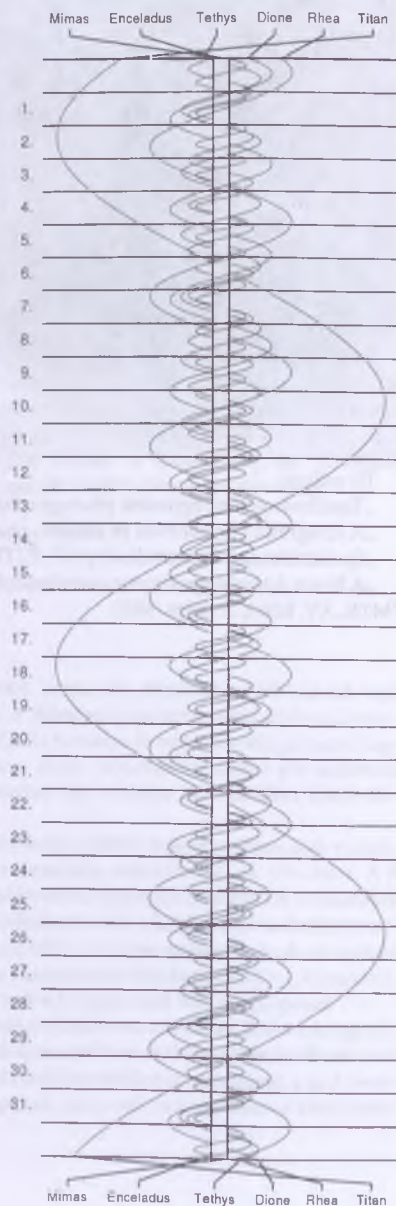
„Spektrálfotografiai tanulmányok”, ÉTTK, XXI. kötet, 2. szám, 1891

„A Nova Aurigae spektruma összehasonlítva néhány bolygószerű kód spektrumával”, ÉMTK, XV. kötet, 2. szám, 1892

### Jupiter-holdak



### Szaturnusz-holdak



## Jupiter

d	UT h:m	hold	j
1	1:58.3	G	mk
4	1:26.4	I	fk
5	0:52.4	I	áv
	2:11.2	I	ev
8	0:39.5	G	fk
9	1: 4.3	E	ek
	1:15.2	E	áv
	1:38.4	C	fv
12	0:29.1	I	ák
	1:48.9	I	ek
16	0:59.7	E	ák
19	0: 8.4	G	ek
	2:22.8	I	ák
21	0:28.5	I	ev
26	2:15.9	G	áv
27	1:35.9	I	fk
28	0: 4.1	I	ek
	1: 2.1	I	áv
	23:42.3	I	mv

## Szaturnusz

d	UT h:m	hold	j
1	18:58.5	Rh	ák
	21: 4.7	Rh	ev
	22:49.4	Rh	áv
2	1:34.4	Te	mk
	18:54.9	Di	fv
3	0:14.4	Te	ek
	0:44.9	Te	ák
	22:52.8	Te	mk
	23:43.1	Di	ek
4	0:14.0	Rh	mk
	0:22.0	Di	ák
	21:32.8	Te	ek
	22: 4.0	Te	ák
5	0:24.8	Te	ev
	1: 2.9	Te	áv
	20:11.2	Te	mk
	23:42.5	Te	fv
6	18:51.3	Te	ek
	19:23.1	Te	ák
	20:20.4	Di	ev
	21:22.5	Di	áv
	21:43.2	Te	ev
	22:21.9	Te	áv
7	21: 1.6	Te	fv
8	19: 1.6	Te	ev
	19:41.0	Te	áv
10	18:52.1	Rh	ek
	19:54.4	Rh	ák
	20: 0.7	Di	mk
	21:52.4	Rh	ev
	23:46.4	Rh	áv
11	0: 2.4	Di	fv
13	1: 3.8	Rh	mk
14	22:27.9	Di	ek
	23:11.3	Di	ák
17	19: 5.3	Di	ev
	20:12.5	Di	áv
19	19:42.7	Rh	ek
	20:50.3	Rh	ák

d	UT h:m	hold	j
	22:43.3	Rh	ev
20	0: 1.4	Te	ek
	0:36.8	Te	ák
	0:43.2	Rh	áv
	22:39.8	Te	mk
21	21:20.1	Te	ek
	21:56.0	Te	ák
	22:52.4	Di	fv
22	0:12.0	Te	ev
	19:58.5	Te	mk
	23:34.6	Te	fv
23	19:15.1	Te	ák
	21:30.8	Te	ev
	22:13.9	Te	áv
24	20:53.7	Te	fv
25	19:33.0	Te	áv
	21:14.1	Di	ek
	22: 0.8	Di	ák
26	0:10.8	Di	ev
	19:27.4	Rh	fv
28	20:34.8	Rh	ek
	21:46.5	Rh	ák
	23:37.9	Rh	ev
29	23:51.5	Di	mk

$\lambda = 19^\circ, \varphi = 47,5^\circ$ **Kalendárium – június**


KÖZEI

Dátum	Nap					Hold				fázis h m
	kel h m	delel h m	nyugszik h m	$h_0$ °	$E_t$ m	kel h m	delel h m	nyugszik h m		
23. hét										
1. h 152.	3 50	11 41	19 33	64,6	+2,2	13 05	19 01	0 26		
2. k 153.	3 50	11 42	19 34	64,7	+2,1	14 17	19 46	0 44		
3. sz 154.	3 49	11 42	19 35	64,9	+1,9	15 29	20 32	1 03		
4. cs 155.	3 48	11 42	19 36	65,0	+1,7	16 40	21 19	1 25		
5. p 156.	3 48	11 42	19 37	65,1	+1,6	17 50	22 08	1 50		
6. sz 157.	3 48	11 42	19 38	65,2	+1,4	18 55	22 59	2 21		
7. v 158.	3 47	11 42	19 38	65,3	+1,2	19 54	23 51	3 00	○	19 12
24. hét										
8. h 159.	3 47	11 43	19 39	65,4	+1,0	20 43	-	3 47		
9. k 160.	3 46	11 43	19 40	65,5	+0,8	21 23	0 42	4 43		
10. sz 161.	3 46	11 43	19 40	65,5	+0,6	21 55	1 32	5 45		
11. cs 162.	3 46	11 43	19 41	65,6	+0,4	22 20	2 19	6 50		
12. p 163.	3 46	11 43	19 42	65,7	+0,2	22 41	3 04	7 57		
13. sz 164.	3 46	11 44	19 42	65,7	+0,0	23 00	3 47	9 03		
14. v 165.	3 45	11 44	19 43	65,8	-0,2	23 17	4 29	10 09		
25. hét										
15. h 166.	3 45	11 44	19 43	65,8	-0,4	23 33	5 10	11 16	●	23 16
16. k 167.	3 45	11 44	19 43	65,9	-0,6	23 51	5 52	12 25		
17. sz 168.	3 45	11 45	19 44	65,9	-0,8	-	6 36	13 37		
18. cs 169.	3 45	11 45	19 44	65,9	-1,0	0 11	7 24	14 52		
19. p 170.	3 46	11 45	19 44	65,9	-1,3	0 36	8 16	16 12		
20. sz 171.	3 46	11 45	19 45	65,9	-1,5	1 08	9 13	17 32		
21. v 172.	3 46	11 45	19 45	66,0	-1,7	1 51	10 16	18 47		
26. hét										
22. h 173.	3 46	11 46	19 45	65,9	-1,9	2 48	11 22	19 52	●	20 36
23. k 174.	3 46	11 46	19 45	65,9	-2,1	4 01	12 27	20 42		
24. sz 175.	3 47	11 46	19 45	65,9	-2,4	5 25	13 30	21 19		
25. cs 176.	3 47	11 46	19 45	65,9	-2,6	6 51	14 28	21 48		
26. p 177.	3 48	11 47	19 45	65,8	-2,8	8 15	15 21	22 11		
27. sz 178.	3 48	11 47	19 45	65,8	-3,0	9 36	16 11	22 31		
28. v 179.	3 48	11 47	19 45	65,8	-3,2	10 52	16 58	22 50		
27. hét										
29. h 180.	3 49	11 47	19 45	65,7	-3,4	12 07	17 44	23 09	●	12 29
30. k 181.	3 49	11 47	19 45	65,7	-3,6	13 20	18 30	23 29		

A nyári időszámítás alatt (dőlt betűvel szedve) a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát hozzá kell adni!



## június

nap	Julián dátum 12 <sup>h</sup> UT	 0 <sup>h</sup> UT h m s	névnapok
1.	2 454 984	16 38 26	Pünkösöd; Tünde, Angéla, Hortenzia
2.	2 454 985	16 42 23	Kármén, Anita, Ábel, Csilla, Irma, Jenő, Kornél, Péter
3.	2 454 986	16 46 19	Klotild, Cecília, Kevin
4.	2 454 987	16 50 16	Bulcsú, Fatima, Fatime, Ferenc
5.	2 454 988	16 54 12	Fatime, Fatima, Nándor, Valéria
6.	2 454 989	16 58 09	Norbert, Cintia, Artemisz, Felícia, Klaudia, Kolos
7.	2 454 990	17 02 05	Róbert
8.	2 454 991	17 06 02	Medárd, Ágnes, Helga, Izabella, Vilmos
9.	2 454 992	17 09 59	Félix, Annamária, Diána, Előd
10.	2 454 993	17 13 55	Margit, Gréta, Diána, Gitta
11.	2 454 994	17 17 52	Barnabás, Etelka, Roxána
12.	2 454 995	17 21 48	Villő, Etelka, János
13.	2 454 996	17 25 45	Antal, Anett
14.	2 454 997	17 29 41	Vazul
15.	2 454 998	17 33 38	Jolán, Vid, Ábrahám, Bernát, Izolda, Viola, Violetta
16.	2 454 999	17 37 34	Jusztin, Ferenc, Jusztina, Péter
17.	2 455 000	17 41 31	Laura, Alida, Alinka, Terézia
18.	2 455 001	17 45 28	Arnold, Levente, Dolóresz, Márk
19.	2 455 002	17 49 24	Gyárfás, Hajnalka, Julianna, Liána, Mihály, Rómeó
20.	2 455 003	17 53 21	Rafael, Benigna, Koppány, Margit
21.	2 455 004	17 57 17	Alajos, Leila, Lejla, Lujza, Olga
22.	2 455 005	18 01 14	Paulina, Ákos, Kriszta, Krisztina, Tamás
23.	2 455 006	18 05 10	Zoltán, Édua
24.	2 455 007	18 09 07	Iván, Beáta, János, Levente
25.	2 455 008	18 13 03	Vilmos, Vilma, Viola, Violetta
26.	2 455 009	18 17 00	János, Pál, Dávid, Örs
27.	2 455 010	18 20 57	László, Olga
28.	2 455 011	18 24 53	Levente, Irén, Gyula, Irina, Laura, Marcella, Tivadar
29.	2 455 012	18 28 50	Péter, Pál, Aladár, Aliz, Beáta, Ditta, Emma, Petra
30.	2 455 013	18 32 46	Pál, Ditta, Judit



*A déli égbolt június 15-én 20:00-kor (KÖZEI)*

## Bolygók

**Merkúr:** Napkelte előtt kereshető a hajnali ég alján. 13-án van legnagyobb nyugati kitérésben,  $23^\circ$ -ra a Naptól. Ekkor is csak egy órával kel a Nap előtt, helyzete megfigyelésre nem kedvező.

**Vénusz:** Egyre magasabban látszik a hajnali keleti égen. A hónap elején egy és háromnegyed, a végén már két és fél órával kel a Nap előtt. Fényessége  $-4^m,3$ -ról  $-4^m,1$ -ra, átmérője  $25''$ -ről  $19''$ -re csökken, fázisa  $0,46$ -ról  $0,61$ -re nő.

**Mars:** Előretartó mozgást végez a Kos csillagképben. A hajnali keleti égen látható, egyre javuló láthatósággal. A hónap elején másfél, a végén majdnem három órával kel a Nap előtt. Fényessége  $1^m,1$ , átmérője  $4,7''$ -ről  $4,9''$ -re nő.

**Jupiter:** Kezdetben előretartó, 15-étől viszont hátráló mozgást végez a Bak csillagképben. Éjfélkor kel, az éjszaka második felében a délkeleti égbolt feltűnő égitestje. Fényessége  $-2^m,5$ , átmérője  $44''$ .

**Szaturnusz:** Előretartó mozgást végez az Oroszlán csillagképben. Az éjszaka első felében látható, éjfélkor nyugszik. Fényessége  $0^m,9$ , átmérője  $17''$ .

**Uránusz:** Éjfél után kel, az éjszaka második felében látható a Halak csillagképben.

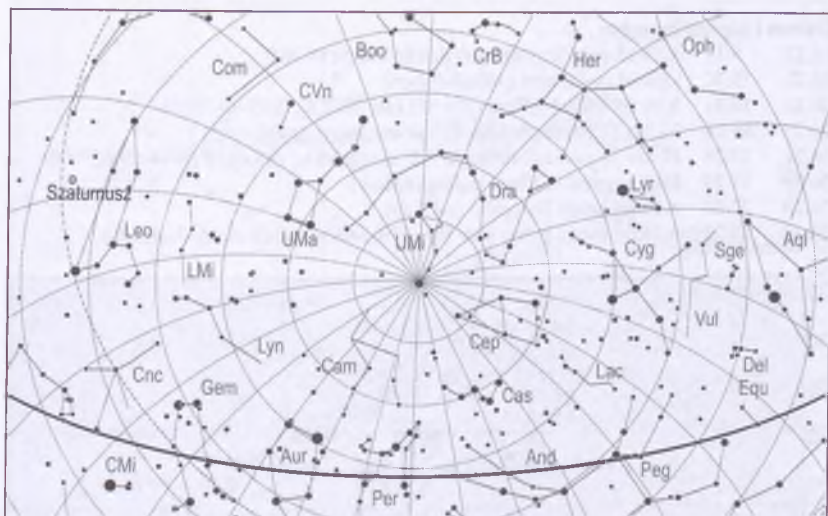
**Neptunusz:** Éjfél körül kel. Az éjszaka második felében kereshető a Bak csillagképben.

## Eseménynaptár

### Dátum Időpont Esemény

06.02. 2:08 A Hold keleti librációja ( $l = 6,18$ )

06.04. 1:56 A Hold északi librációja ( $b = 6,70$ )



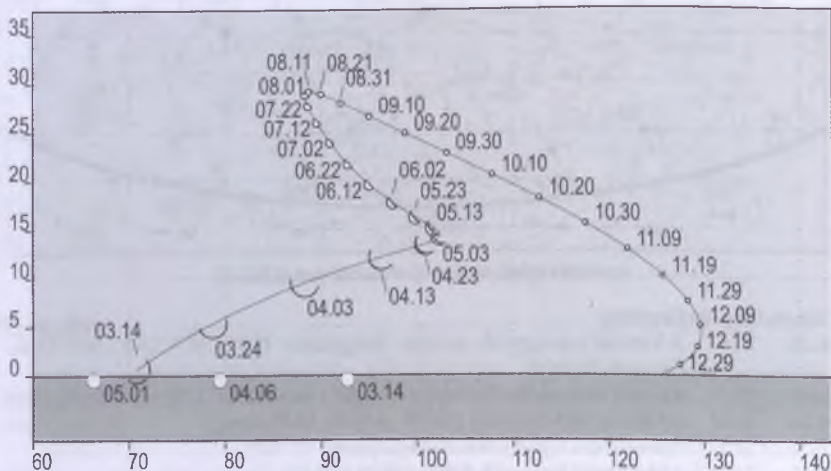
*Az északi égbolt június 15-én 20:00-kor (KÖZEI)*

### Dátum Időpont Esemény

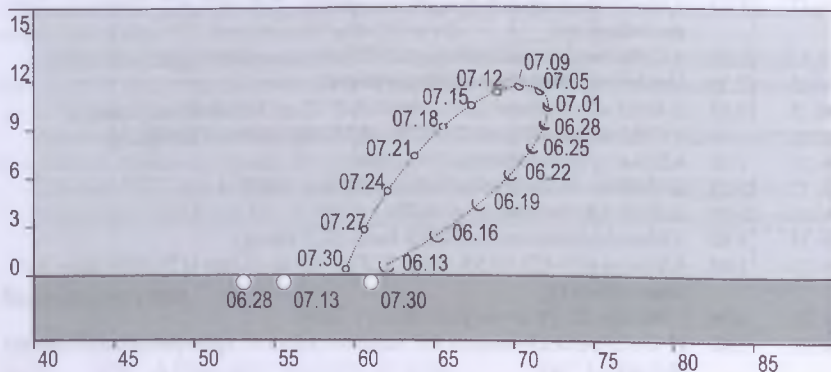
- |        |       |   |
|--------|-------|---|
| 06.05. | 20:51 | A Vénusz legnagyobb nyugati elongációja: $45,9^\circ$ ( $-4^m3$ , $23,8''$ , 50% fázis, Pisces csillagkép)                    |
| 06.05. | 22:01 | A (349) Dembowska kisbolygó ( $11^m6$ ) $6,1'$ -re az NGC 3338 galaxistól ( $11^m4$ )   |
| 06.06. | 14:44 | A Vénusz dichotómiája (50,0%-os fázis, $45,9^\circ$ elong.)   |
| 06.07. | 18:12 | Telehold (az Ophiuchus csillagképben)   |
| 06.07. | 23:11 | A Hold eléri legkisebb deklinációját ( $-27,3^\circ$ )  |
| 06.09. | 1:17  | A (324) Bamberg kisbolygó ( $11^m1$ ) $2,3'$ -re a 15 Ari-tól   |
| 06.10. | 15:52 | A Hold földtávolban (405 762 km, $1767,0''$ , 92,5%-os fázis)   |
| 06.13. | 11:52 | A Merkúr legnagyobb nyugati elongációja: $23,5^\circ$ ( $0^m6$ , $8,2''$ , 37% fázis, Taurus csillagkép)                      |
| 06.13. | 22:00 | A (349) Dembowska kisbolygó ( $11^m7$ ) $8,0'$ -re az M105 galaxistól ( $9^m3$ )  |
| 06.15. | 22:16 | Utolsó negyed (a Pisces csillagképben)  |
| 06.15. | 23:55 | A 49,3%-os csökkenő fázisú Holdtól $4^\circ 12'$ -re délkeletre az Uránusz  |
| 06.16. | 1:49  | A Hold mögül kilép a $\lambda$ Psc ( $4^m5$ , 48,5%-os csökkenő holdfázis)  |
| 06.17. | 7:48  | A Hold nyugati librációja ( $l = -7,64$ )   |
| 06.17. | 21:02 | A Hold maximális librációja ( $l = -7,57$ , $b = -6,60$ )   |
| 06.18. | 16:05 | A Hold déli librációja ( $b = -6,72$ )  |
| 06.19. | 9:50  | A Merkúr dichotómiája (50,0% fázis, $22,3^\circ$ elong.)  |
| 06.21. | 1:09  | A Vénusztól ( $-4^m2$ , $57,3\%$ fázis, $20,3''$ ) $1^\circ 57'$ -re a Mars ( $1^m1$ , 93% fázis, $4,9''$ , Aries csillagkép) |
| 06.21. | 2:06  | A Merkúr $21' 38''$ -re megközelíti az $\epsilon$ Tau-t   |
| 06.21. | 2:06  | 41 óra 29 perces holdsarló $9,5^\circ$ magasan a hajnali égen (Merkúrtól $6,3^\circ$ -ra, M45-től $6,1^\circ$ -ra)            |
| 06.21. | 5:46  | Nyári napforduló  |
| 06.22. | 2:06  | 17 óra 29 perces holdsarló $1,6^\circ$ magasan a hajnali égen   |

**Dátum Időpont Esemény**

- 06.22. 9:11 A Hold eléri legnagyobb deklinációját (+26,0°)  
 06.22. 19:36 Újhold (a Gemini csillagképben)  
 06.23. 10:31 A Hold földközeli (358 022 km, 2002,6", 0,6%-os fázis)  
 06.23. 19:26 23 óra 51 perces holdsarló 1,6° magasan az esti égen  
 06.24. 19:26 47 óra 51 perces holdsarló 7,2° magasan az esti égen (M44-től 6,7°-ra)  
 06.29. 11:29 Első negyed (a Virgo csillagképben)  
 06.29. 22:05 A Hold keleti librációja ( $l = 7,23$ )  
 06.30. 21:23 A Hold mögé belép a 69 Vir ( $4^m 8$ , 64,6%-os növekvő holdfázis)

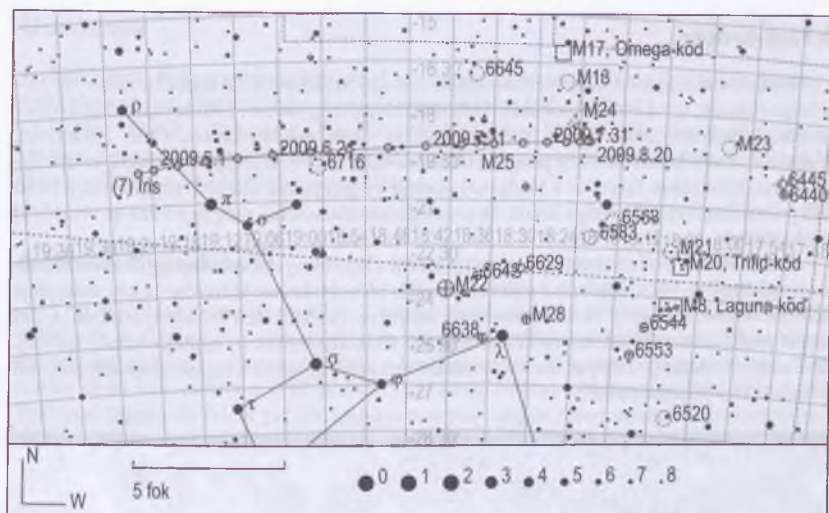


06.05. A Vénusz legnagyobb nyugati elongációja:  $45,9^\circ$  ( $-4^m 3$ ,  $23,8''$ , 50% fázis, Pisces csillagkép)

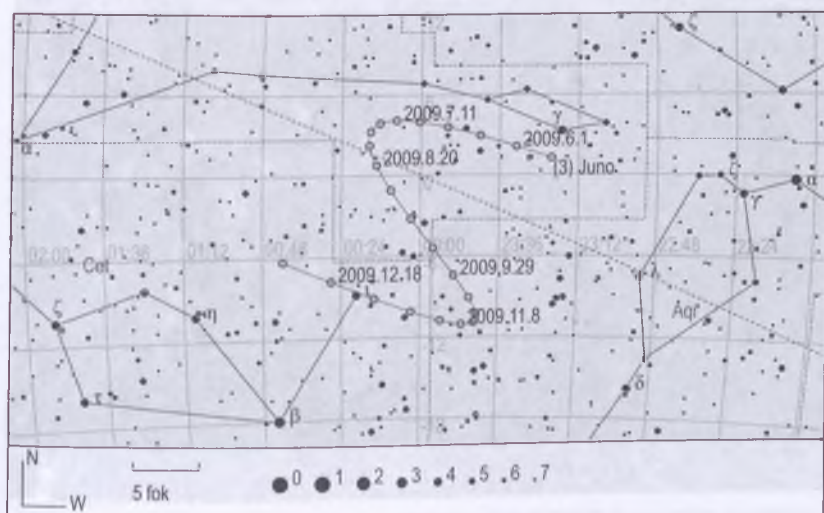


06.13. A Merkúr legnagyobb nyugati elongációja:  $23,5^\circ$  ( $0^m 6$ ,  $8,2''$ , 37% fázis, Taurus csillagkép)





*Az Iris kisbolygó pályája*



*Juno kisbolygó pályája*

## A Hell-kráter

Holdunkon összesen 14 krátert neveztek el magyar tudósról, de legtöbbjük a Hold túloldalán fekszik, így a Földről sohasem láthatók. Négy magyar nevű kráter azonban kiválóan megfigyelhető, akár kisebb műszerekkel is. Ezek a következők: Hell, Hédervári, Weinek és Zach-kráterek. Szép program lehetne ezeknek a krátereknek a megfigyelése, lerajzolása, lefotózása. Egyedül a Hédervári-kráter megfigyelése okozhat problémát, a Hold déli pólusához való közelsége miatt, de ez megfelelő librációnál még egy 8 cm-es távcsővel is sikerülhet.

A Hell Miksáról elnevezett kráter mind közül a legkönnyebben megfigyelhető. A fiatalos megjelenésű, bár valójában 3 milliárd évnél is idősebb kráter átmérője 34 km, mélysége 2200 m, természetesen a kráter peremétől számítva. A Hold déli krátermezéjében, a 234 km-es óriási méretű Deslandres-kráter teljesen sima aljzatának nyugati peremén fekszik. Első negyed után egy nappal, illetve az utolsó negyed környéke a legalkalmasabb időpont a Hell-kráter felkereséséhez.



A Hell-kráter és környezete Velkei Szabolcs felvételén

## Üstökösök

**22P/Kopff.** Ebben a hónapban éri el maximális fényességét 8 magnitúdó környékén, miközben az Aquarius csillagképben halad északkelet felé.

**C/2006 W3 (Christensen).** Az éjszaka második felében látható a Pegasus és a Lacerta határán. A nyugat felé mozgó üstökös fényessége 11–12 magnitúdó körül alakul. Június 6-án éjszaka elhalad az NGC 7345 galaxis előtt.

## A Júiusi Bootidák

A raj aktivitása június 22. és július 2. közé esik. Maximuma június 27-én az esti órákban valószínű. A ZHR változó nagyságú, 0 és 100 fölötti érték is lehetséges. Az 1998-as kitörés óta minden évben figyelemmel kísérik a tevékenységét. Következő nagy aktivitása 2004. június 23-án volt, amikor a ZHR 20 és 50 közé esett. 1998-as kitörése előtt csak 1916-ban és 1927-ben jegyezték fel. A raj dinamikája nagyon szegényesen ismert. Szülőüstököse a 7P/Pons–Winnecke, melynek pályája jelenleg 0,24 CSE-re fekszik a Föld pályáján kívül. Legutóbbi napközeli tévedése 2002-ben volt.

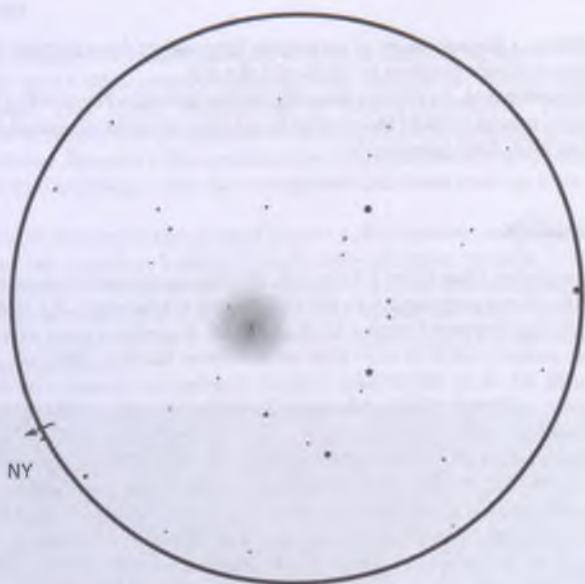
Maximumkor a radiáns diffúz, valószínűleg nagyobb, mint 5 fok átmérőjű. Átlagos pozíciója RA=223°, D=+58°. A rajtagok általában halványak, az átlagos fényesség 5 magnitúdó, bár fényesebb meteorok is előfordulnak.

A raj az 1916. június 28-án történt hirtelen kitörése miatt került a vizsgálódások kereszt-tüzébe. Angliai észlelők vették észre a napnyugta utáni erős meteortevékenységet. A legtapasztaltabb megfigyelők között volt William F. Denning is. A meteorok a Bootes és Draco közötti területről jöttek. A megfigyelés után Denning a pályák alapján a Pons–Winnecke periodikus üstököst találta a megfelelő jelöltnek a szülőobjektum számára.

Az áramlat a 20-as évektől fogva egyre gyengült. David Swann (Dallas, Texas) hat éven át követte a rajt – 1964 és 1971 között –, de csak óránként 2 meteorról tudott beszámolni. A nagyon diffúz radiáns valószínűleg a szülőüstökös heves tevékenysége miatt alakulhatott ki. A raj pályahajlása is jelentősen megváltozott a felfedezés óta: 1919-ben csak 10 fok volt, míg jelenleg 22 fok.

## Gömbhalmaz a Mérlegben

E havi ajánlatunk tárgya egy nem túl ismert, késő tavaszi, kora nyári objektum. Az NGC 5897 gömbhalmaz a sokak által elhanyagolt Libra csillagkép 8 magnitúdós, 8'-es csillaghalmaz. Kora nyári társai (M4, M80, M10 stb.) mellett ennek a régióknak kevéssé ismert égitestje. A Mérleg csillagkép nem sok érdekes célpontot tartalmaz, bár van néhány szebb 11–12 magnitúdós galaxis errefelé (NGC 5792, 5885, 5861, 5728). Közöttük ez a halmaz iga-zsi sztár. Már 5 cm-es műszerrel látható, 10 cm-essel remek látvány akár városi égről is. A laza szerkezetű, alacsony felületi fényességű „köldabba” felbontását 20–25 cm-es átmé-rőtől remélhetjük. Ez az égitest jó példa arra, hogy még az ismeretlenebb, mélyleges szem-pontból kihaltnak tűnő konstellációkban is érdemes jobban körülnézni, észlelni.



*Sánta Gábor 11,4 cm-es távcsővel, 50-szeres nagyítással készült rajza 2003-ból. A látómező egy fok körüli.*

## Évforduló

### 340 éve történt: Vénusz-átvonulás Vardøben

Túlzás nélkül megállapíthatjuk, hogy 1769 júniusában az akkori művelt világot egy csillagászati esemény tartotta lázban: a Vénusz átvonulása a Nap korongja előtt. Ennek a jelenségnek széles körű, pontos megfigyelésétől várták a Nap parallaxisának és ebből a fontos alapegységnek tekintett Nap–Föld közép-távolságnak megbízható meghatározását. Az előző átvonulás (1761) mérési hibáinak tanulságai alapján számos expedíciót küldtek a Föld távoli pontjaira, ahol az átvonulás idején a Nap a látóhatár felett volt. Mivel az átvonulás június 2-ról 3-ra virradó éjszaka következett be, Európában csak a sarkkörtől északra volt látható, ahol a nyári napfordulóhoz közel a Nap éjfél körül is a látóhatár felett áll. A Skandináv-félsziget északi csúcsára több expedíciót is indítottak. A földgömb közel átel- lenes pontjára, a Hawaii-szigetekre Anglia James Cook kapitány vezetésével küldött expedíciót. A dán koronatanács javaslatára VII. Keresztély, Dánia és Norvégia királya a bécsi Egyetemi Observatórium magyar vezetőjét, P. Maximilian Hellt (1720–1792), Hell Miksát kérte fel, hogy az akkori idők legészakibb lakott pontján végezzen megfigyelést. Hell helyettesül és segítőjeként a nagyszombati egyetem csillagász-adjunktusát, P. Sajnovics Jánost (1733–1785) jelölte, a dán kamara pedig a svéd Jens Finne Borchgrevink (1737–1819)

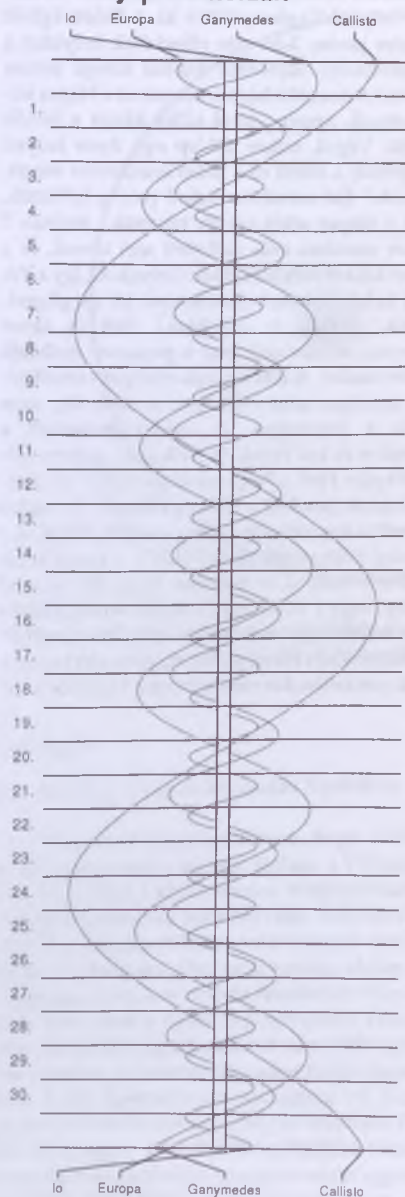




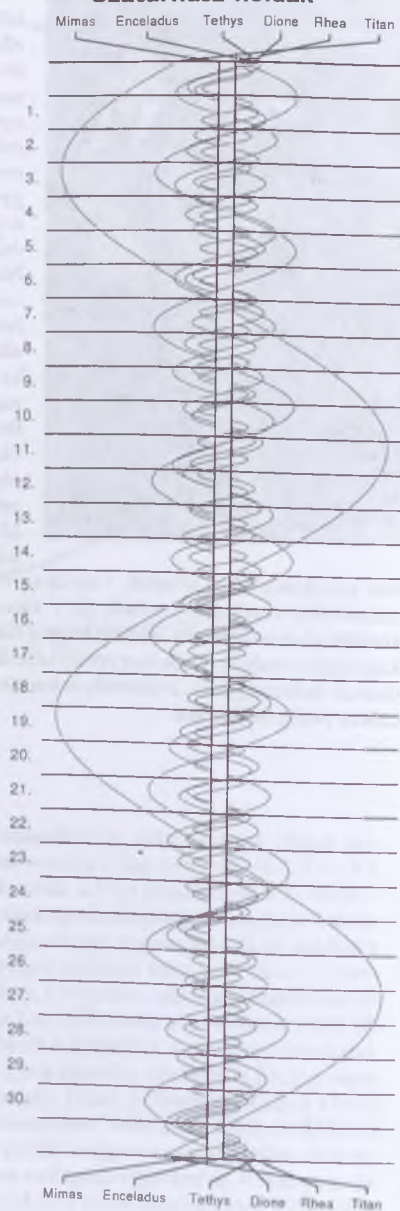
botanikust rendelte melléjük titkárként. Az észlelés helyéül Vardot jelölték ki. A fedett égbolt ellenére június 2-án este elfoglalták helyüket a távcsöveiknél. Sajnovics drámai hangú leírása szerint: „9 óra után három távcsövet a Napra irányítottunk, amely időről időre kibújt a felhők mögül. Végül, mikor a Nap egy ilyen helyen megjelent; a külső és a belső érintkezést megfigyeltük.” Ezt azonban csak 5 percig láthatták, mert a Napot sötét felhők takarták. „Hajnali 3 órakor azonban erős délkeleti szél támad, és a Napot takaró felhőket elűzte helyükről, így a Vénusz belső és külső érintkezését jól megfigyelhettük.” (Deák A. fordítása.) Hell és társai sikeresen, és mai szemmel is pontosan észlelték az átvonulást. A többi észak-európai expedíciónak azonban nem volt ilyen szerencséje, nem látták a jelenséget. A vardói, valamint a Hawaiin és két Észak-Amerikában végzett mérés alapján Hell a Nap-parallaxisra  $8,7''$ -es értéket kapott (amiből a fél-nagy tengely hosszára 151 millió km adódik). Adata valóban közel áll a jelenleg elfogadotthoz ( $8,79405''$ ), a maga korá-

ban azonban többen vitatták. Valójában Hellnek nem az az érdeme, hogy aránylag jó számértéket vezetett le – mások, pl. T. Hornsby, vagy J. G. Péngré számítása még jobban közelíti a helyes értéket –, hanem hogy a számoláshoz egy szellemes közelítő módszert alkalmazott, a mérési hibák kiegyenlítésére. Módszerében bízva pedig ragaszkodott számításának helyességéhez, a tekintélyes kortársak pontatlanabb eredményeivel szemben. Az utókor pedig őt igazolta.

## Jupiter-holdak



## Szaturnusz-holdak



## Jupiter

d	UT h:m	hold	j
1	0:17.3	E	fk
3	0:52.8	E	ev
4	0:38.6	I	ák
	1:55.9	I	ek
5	1:33.6	I	mv
6	1:29.2	G	mv
10	0:30.3	E	ek
	0:52.1	E	áv
11	23:51.5	I	fk
12	1:26.1	C	mv
	23:18.5	I	áv
13	0:16.0	G	fv
	0:31.7	I	ev
	1:35.8	G	mk
17	0:35.9	E	ák
19	0: 4.8	E	mv
	1:45.1	I	fk
	22:54.8	I	ák
20	0: 3.7	I	ek
	0:36.3	G	fk
	1:12.5	I	áv
	23:40.1	I	mv
23	22:43.9	G	ev
27	0:48.7	I	ák
	1:52.1	I	ek
	21:22.6	E	ev
	22: 7.2	I	fk
28	1:27.8	I	mv
	21:35.1	I	áv
	22:36.7	I	ev
30	22:16.0	G	áv
	22:41.9	G	ek

## Szaturnusz

d	UT h:m	hold	j
1	21:42.5	Di	fv
4	20:24.5	Rh	fv
5	20: 1.8	Di	ek
	20:50.4	Di	ák
	23: 0.4	Di	ev
6	21:28.0	Rh	ek
	22:29.8	Te	mk
	22:42.8	Rh	ák
7	21:10.3	Te	ek
	21:48.1	Te	ák
8	19:48.8	Te	mk
9	21:22.3	Te	ev
	22: 6.1	Te	áv
	22:39.6	Di	mk
10	20:45.8	Te	fv
12	20:32.5	Di	fv
13	21:21.3	Rh	fv
15	22:22.8	Rh	ek
16	19:40.0	Di	ák
	21:52.3	Di	ev
20	21:29.2	Di	mk
22	22:18.3	Rh	fv
23	22:22.5	Te	mk
24	21: 3.1	Te	ek
	21:40.2	Te	ák
25	19:41.8	Te	mk
26	21:17.2	Te	ev
	21:58.2	Te	áv
27	20:37.9	Te	fv
	20:46.3	Di	ev
	21:50.1	Di	áv

$\lambda = 19^\circ$ ,  $\varphi = 47,5^\circ$ **Kalendárium – július**

KÖZEI

Dátum	Nap					Hold			fázis h m
	kel h m	delel, nyugszik h m	h <sub>d</sub> h m	E <sub>t</sub> m	kel, delel, nyugszik h m	h m	h m		
27. hét									
1. sz 182.	3 50	11 48	19 45	65,6	-3,8	14 31	19 17	23 54	
2. cs 183.	3 51	11 48	19 45	65,5	-4,0	15 42	20 05	-	
3. p 184.	3 51	11 48	19 44	65,4	-4,2	16 48	20 55	0 23	
4. sz 185.	3 52	11 48	19 44	65,3	-4,4	17 49	21 46	0 59	
5. v 186.	3 53	11 48	19 43	65,3	-4,5	18 41	22 38	1 43	
28. hét									
6. h 187.	3 53	11 48	19 43	65,2	-4,7	19 23	23 28	2 36	
7. k 188.	3 54	11 49	19 43	65,0	-4,9	19 57	-	3 36	○ 10 22
8. sz 189.	3 55	11 49	19 42	64,9	-5,0	20 25	0 16	4 41	
9. cs 190.	3 56	11 49	19 41	64,8	-5,2	20 47	1 02	5 47	
10. p 191.	3 57	11 49	19 41	64,7	-5,3	21 06	1 46	6 54	
11. sz 192.	3 58	11 49	19 40	64,6	-5,5	21 23	2 28	8 00	
12. v 193.	3 59	11 49	19 40	64,4	-5,6	21 40	3 09	9 06	
29. hét									
13. h 194.	3 59	11 49	19 39	64,3	-5,7	21 56	3 50	10 13	
14. k 195.	4 00	11 50	19 38	64,1	-5,8	22 15	4 32	11 22	
15. sz 196.	4 01	11 50	19 37	64,0	-5,9	22 36	5 17	12 34	● 10 54
16. cs 197.	4 03	11 50	19 36	63,8	-6,0	23 04	6 05	13 50	
17. p 198.	4 04	11 50	19 36	63,6	-6,1	23 40	6 58	15 07	
18. sz 199.	4 05	11 50	19 35	63,5	-6,2	-	7 57	16 24	
19. v 200.	4 06	11 50	19 34	63,3	-6,3	0 29	9 00	17 33	
30. hét									
20. h 201.	4 07	11 50	19 33	63,1	-6,3	1 33	10 05	18 29	
21. k 202.	4 08	11 50	19 32	62,9	-6,4	2 52	11 10	19 13	
22. sz 203.	4 09	11 50	19 31	62,7	-6,4	4 18	12 11	19 45	● 3 35
23. cs 204.	4 10	11 50	19 29	62,5	-6,5	5 46	13 07	20 12	
24. p 205.	4 11	11 50	19 28	62,3	-6,5	7 10	14 00	20 34	
25. sz 206.	4 13	11 50	19 27	62,1	-6,5	8 31	14 50	20 54	
26. v 207.	4 14	11 50	19 26	61,9	-6,5	9 49	15 38	21 13	
31. hét									
27. h 208.	4 15	11 50	19 25	61,6	-6,5	11 05	16 25	21 34	
28. k 209.	4 16	11 50	19 23	61,4	-6,5	12 19	17 13	21 57	● 23 00
29. sz 210.	4 17	11 50	19 22	61,2	-6,5	13 31	18 02	22 25	
30. cs 211.	4 19	11 50	19 21	60,9	-6,4	14 40	18 52	22 59	
31. p 212.	4 20	11 50	19 19	60,7	-6,4	15 43	19 42	23 40	

A nyári időszámítás alatt (dőlt betűvel szedve) a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát hozzá kell adni!



## július

nap	Julián dátum 12 <sup>h</sup> UT	$\theta_{\odot}$ 0 <sup>h</sup> UT h m s	névnapok
1.	2 455 014	18 36 43	Tihamér, Annamária, Áron, Előd, Gyula, Olivér
2.	2 455 015	18 40 39	Ottó, Jenő, Mária
3.	2 455 016	18 44 36	Kornél, Soma, Bernát, Napsugár, Tamás
4.	2 455 017	18 48 32	Ulrik, Berta, Betti, Illés, Izabella, Rajmund, Ramón
5.	2 455 018	18 52 29	Emese, Sarolta, Antal, Vilmos
6.	2 455 019	18 56 26	Csaba, Dominika, Mária, Tamás
7.	2 455 020	19 00 22	Apollónia, Apolka, Donát
8.	2 455 021	19 04 19	Ellák, Eszter, Izabella, Jenő, Liza, Terézia, Zsóka
9.	2 455 022	19 08 15	Lukrécia, Koppány, Margit, Vera, Veronika
10.	2 455 023	19 12 12	Amália, Alma
11.	2 455 024	19 16 08	Nóra, Lili, Eleonóra, Helga, Lilla, Nelli, Olga, Olivér
12.	2 455 025	19 20 05	Izabella, Dalma, Eleonóra, Ernő, János, Leonóra, Nóra
13.	2 455 026	19 24 01	Jenő, Ernő, Henrietta, Henrik, Jakab, Sára, Sarolta
14.	2 455 027	19 27 58	Örs, Stella, Esztella, Ferenc, Zalán
15.	2 455 028	19 31 55	Henrik, Roland, Leonóra, Loránd, Lóránt, Stella
16.	2 455 029	19 35 51	Valter, Aténé, Kármén, Mária
17.	2 455 030	19 39 48	Endre, Elek, Magda, Magdolna, Róbert, Szabolcs
18.	2 455 031	19 43 44	Frigyes, Arnold, Hedvig, Kamilla, Milán
19.	2 455 032	19 47 41	Emília, Alfréd, Ambrus, Aranka, Aurélia, Stella, Vince
20.	2 455 033	19 51 37	Illés, Margaréta, Margit, Marina
21.	2 455 034	19 55 34	Dániel, Daniella, Angéla, Angelina, Júlia, Lőrinc
22.	2 455 035	19 59 30	Magdolna, Léna, Lenke, Magda, Magdaléna, Mária
23.	2 455 036	20 03 27	Lenke, Brigitta
24.	2 455 037	20 07 24	Kinga, Kincső, Bernát, Csenge, Kriszta, Krisztina, Lujza
25.	2 455 038	20 11 20	Kristóf, Jakab, Krisztofer, Valentin, Valentina, Zsaklin
26.	2 455 039	20 15 17	Anna, Anikó, Anett, Anilla, Anita, Panna
27.	2 455 040	20 19 13	Olga, Liliána, György, Kamilla, Krisztián, Natália
28.	2 455 041	20 23 10	Szabolcs, Botond, Győző, Szeréna, Viktor
29.	2 455 042	20 27 06	Márta, Flóra, Bea, Beatrix, Virág
30.	2 455 043	20 31 03	Judit, Xénia, Julietta
31.	2 455 044	20 34 59	Oszkár, Elena, Eleni, Helén, Heléna, Ignác, Ilona, Léna

16–23. Ifjúsági csillagásztábor Ágasváron (Mátra)



A déli égbolt július 15-én 20:00-kor (KÖZEI)

## Bolygók

**Merkúr:** Hó elején még egy órával kel a Nap előtt, hajnalban kereshető a keleti ég alján. Láthatósága gyorsan romlik, 14-én felső együttlásban van a Nappal. Hónap végén már az esti ég alján kereshető, fél órával nyugszik a Nap után.

**Vénusz:** Feltűnően látszik a hajnali keleti égen, magasan a látóhatár felett. A hónap elején két és fél, a végén már három órával kel a Nap előtt. Fényessége  $-4^m,1$ -ről  $-4^m,0$ -ra, átmérője  $19''$ -ről  $15''$ -re csökken, fázisa  $0,61$ -ről  $0,73$ -ra nő.

**Mars:** Előretartó mozgást végez a Kos, majd a Bika csillagképben. Éjfél után kel, hajnalban látható a keleti-délkeleti égen. Fényessége  $1^m,1$ -ről  $1^m,0$ -ra, átmérője  $4,9''$ -ről  $5,3''$ -re nő.

**Jupiter:** Hátráló mozgást végez a Bak csillagképben. Késő este kel, az éjszaka nagyobb felében látható mint a déli ég feltűnő égitestje. Fényessége  $-2^m,7$ , átmérője  $47''$ .

**Szaturnusz:** Előretartó mozgást végez az Oroszlán csillagképben. Este látható, éjfél előtt nyugszik. Fényessége  $1^m,0$ , átmérője  $17''$ .

**Uránusz:** Éjfél előtt kel, az éjszaka második felében látható. Immár hátráló mozgást végez a Halak csillagképben.

**Neptunusz:** Az esti órákban kel. Az éjszaka nagy részében látható a Bak csillagképben.

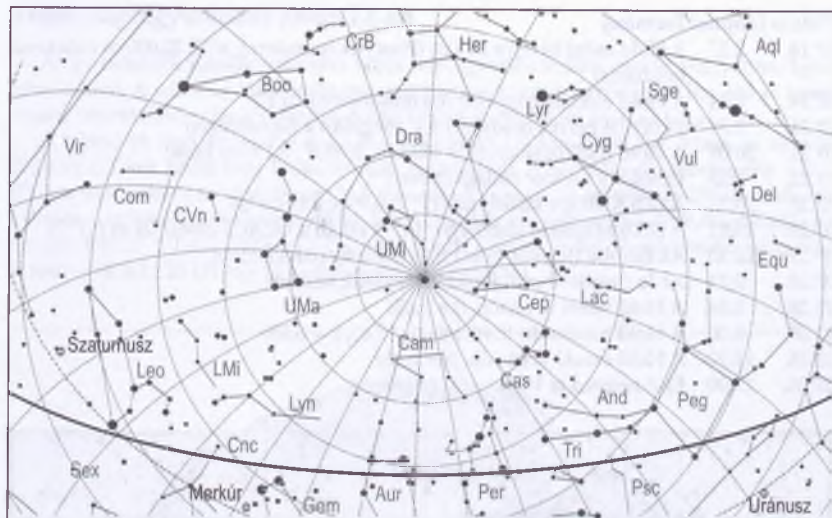
## Eseménynaptár

### Dátum Időpont Esemény

07.01. 5:29 A Hold északi librációja ( $b = 6,83$ )

07.03. 19:27 A Hold mögé belép a  $\pi$  Sco ( $2^m,9$ , 88,6%-os növekvő holdfázis), kilépés 20:22-kor

07.04. 1:42 A Föld naptávolságban ( $1,0167$  CSE)



Az északi égbolt július 15-én 20:00-kor (KÖZEI)

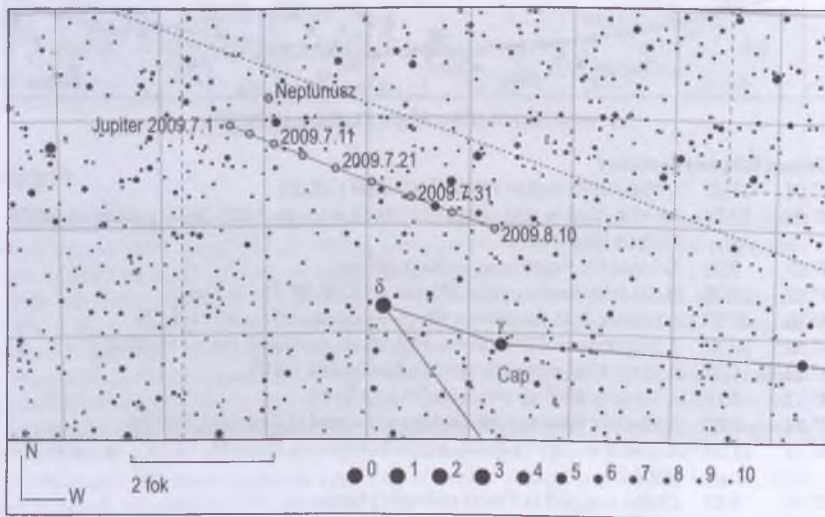
### Dátum Időpont Esemény

- |        |       |  |
|--------|-------|--|
| 07.04. | 21:57 | A Hold eléri legkisebb deklinációját ( $-27,2^\circ$ )   |
| 07.05. | 20:20 | Az (13) Egeria kisbolygó ( $11^m9$ ) $14,6'$ -re az NGC 3628 galaxistól ( $10^m3$ , M65/66 közelében)                    |
| 07.07. | 9:22  | Telehold (a Sagittarius csillagképben)   |
| 07.07. | 21:22 | Hold földtávolban (406 227 km, 1765,0", 99,8%-os fázis)  |
| 07.10. | 20:57 | A Jupiter $2^\circ37'$ -re délre a 89,4%-os csökkenő fázisú Holdtól  |
| 07.10. | 20:57 | A Neptunusz $2^\circ6'$ -re délre a 89,4%-os csökkenő fázisú Holdtól   |
| 07.12. | 1:27  | A Mars $4^\circ36'$ -re megközelíti a Fiastyúkot (M45)   |
| 07.13. | 1:19  | A Vénusz $9^\circ55'$ -re megközelíti az $\epsilon$ Tau-t  |
| 07.14. | 0:00  | A Merkúr felső együttállásban a Nappal (a Naptól 1,5 fokra)  |
| 07.14. | 21:18 | A Callisto (Jupiter-hold) fogyatkozásának kezdete, kilépés az árnyékból 02:07-kor  |
| 07.15. | 9:53  | Utolsó negyed (a Pisces csillagképben)   |
| 07.15. | 10:56 | A Hold nyugati librációja ( $l = -7,54$ )  |
| 07.15. | 16:29 | A Hold maximális librációja ( $l = -7,53$ , $b = -6,79$ )  |
| 07.15. | 23:05 | A Hold déli librációja ( $b = -6,81$ )   |
| 07.16. | 1:41  | A (387) Aquitania kisbolygó ( $12^m0$ ) $7,6'$ -re az NGC 584 galaxistól ( $11^m2$ )                                     |
| 07.16. | 23:36 | A Hold mögül kilép a $\mu$ Ari ( $5^m7$ , 33,3%-os csökkenő holdfázis)   |
| 07.18. | 1:07  | A Hold mögé belép a Merope (=23 Tau, Fiastyúk halmaztag, $4^m1$ , 22,5%-os csökkenő holdfázis), kilépés 02:02-kor        |
| 07.18. | 1:07  | A Hold elfedi a Fiastyúkot (M45, Plejádok, 22%-os csökkenő holdfázis)  |
| 07.18. | 1:40  | A Hold mögé belép az Alcyone (= $\eta$ Tau, Fiastyúk halmaztag, $2^m9$ , 22,3%-os csökkenő holdfázis), kilépés 02:31-kor |
| 07.18. | 2:14  | A Hold mögé belép az Atlas (=27 Tau, Fiastyúk halmaztag, $3^m6$ , 22,0%-os csökkenő holdfázis)                           |



**Dátum Időpont Esemény**

07.18.	2:27	A Hold mögé belép a 24 Tau (Fiastyúk halmaztag, $6^m,3$ , 22,0%-os csökkenő holdfázis)
07.19.	8:44	A Hold eléri legnagyobb deklinációját (+26,1°)
07.21.	2:31	24 óra 04 perces holdsarló 4,4° magasan a hajnali égen
07.21.	20:07	A Hold földközelen (357 462 km, 2005,8", 0,1%-os fázis)
07.22.	2:35	Újhold (a Cancer csillagképben)
07.25.	20:33	A (22) Kalliope kisbolygó ( $11^m,7$ ) 0,9'-re a $\tau$ Sco-tól
07.26.	20:41	A (253) Mathilde kisbolygó ( $14^m,7$ ) elfedi a UCAC2 28560704-et ( $11^m,7$ )
07.27.	21:10	Az Europa (Jupiter-hold) fogyatkozásának kezdete
07.28.	0:11	Az Io (Jupiter-hold) fogyatkozásának kezdete
07.28.	1:54	A Hold keleti librációja ( $l=7,62$ )
07.28.	6:00	A Hold maximális librációja ( $l=7,61$ , $b=6,85$ )
07.28.	11:10	A Hold északi librációja ( $b=6,86$ )
07.28.	22:00	Első negyed (a Virgo csillagképben)



*A Jupiter látszó pályája júliusban*

## Félárnyékos holdfogyatkozás július 7-én

Az év második holdfogyatkozása ismét egy félárnyékos esemény. A Hold csak kis mértékben merül a Föld félárnyékába (félárnyékos magnitúdója 0,1824), így a fogyatkozás megfigyelési szempontból jelentéktelen.

A fogyatkozás 8:32:48 UT-kor kezdődik és 10:44:27 UT-kor ér véget, vagyis Magyarországról egyébként sem látszana. A legnagyobb fázisra 9:38:38 UT-kor kerül sor.

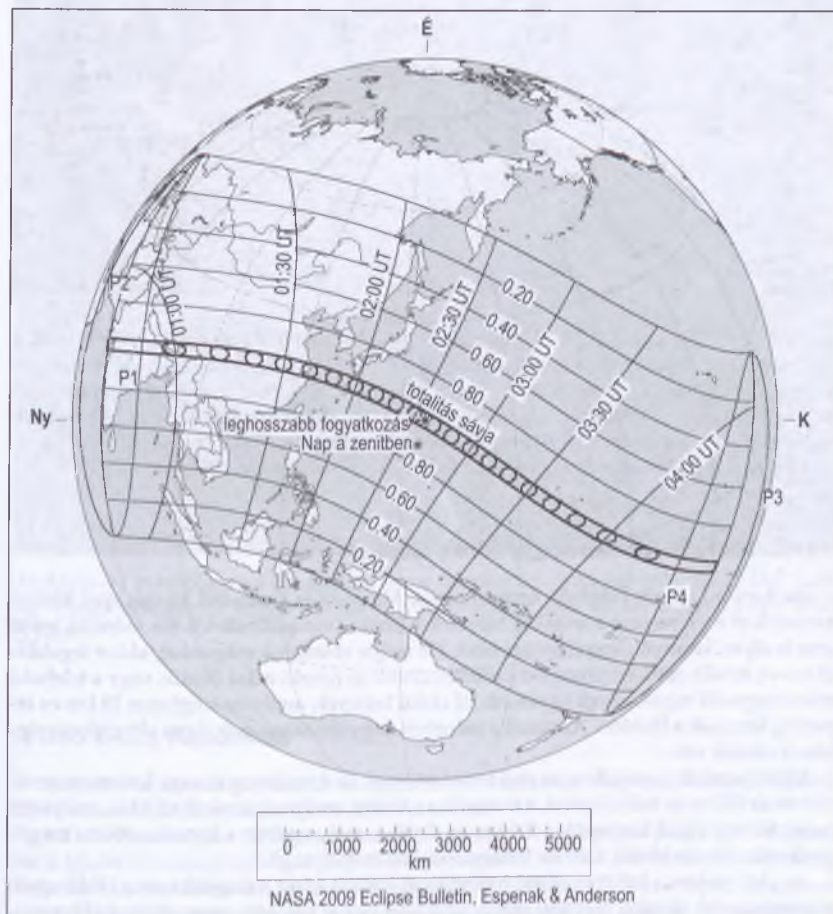
Ez a holdfogyatkozás a 110-es Szárossz-sorozat utolsó előtti tagja, a 71. a 72. fogyatkozásból.

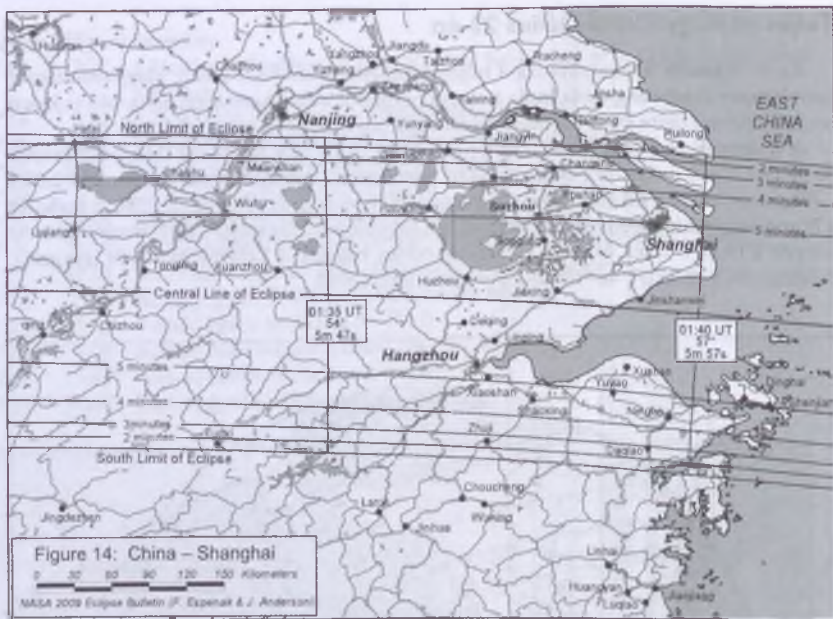


## Teljes napfogyatkozás július 22-én

Az év második napfogyatkozása teljes napfogyatkozás lesz, amely Magyarországról nem látható. A teljesség sávja India nyugati partjairól indul, keresztezi Kína déli és keleti részét, Japántól délre lép a Csendes-óceán végtelen vizeire, és ott is ér véget.

A félárnyék első érintésére még 21-én, 23:58:19 UT-kor kerül sor. Maga az árnyék 00:51:17 UT-kor érinti meg India nyugati partvidékét. A fogyatkozás maximuma 2:35:2 UT-kor van, ekkor a totalitás 6 perc 38,8 másodperc hosszú, az árnyékkúp 258 km széles és a Bonin-szigetektől délkeletre tartózkodik. A fogyatkozás nagysága 1,0799 magnitúdó. Az árnyék 4:19:27 UT-kor válik el a Csendes-óceán vizeitől, a Tahiti-szigetektől nyugatra. A félárnyék 5:12:25 UT-kor távozik bolygónk felszínéről.





Ez a napfogyatkozás adja a leghosszabb totalitást az elkövetkező 124 évben, csak a 2132. június 13-i lesz a mostaninál hosszabb, 6 perc 55 másodperces totalitással. A Hold fél nappal van földközelsége előtt, látszó átmérője nagy, 33,4'. A Föld 18 nappal korábban volt naptávolban, így a napkorong látszó mérete jóval kisebb az átlagosnál, 31,5'. A kettő különbsége 1,94', ami részben magyarázat a szokatlanul hosszú totalitásra.

Ez a napfogyatkozás a 71 eseményt adó 136-os Szárosz-család 37. tagja.

## Holdkráterek: Armstrong, Aldrin, Collins

Az Apollo 11 legénységéről, Armstrongról, Aldrinről és Collinsről három apró krátert neveztek el nem messze a leszállás helyétől, a Statio Tranquillitatis-től. Kis méretük miatt nem is olyan könnyű megpillantani őket. Ha mégis rászánjuk magunkat, akkor legalább 15 cm-es, kiváló optikájú távcsővel próbálkozzunk az újhold utáni ötödik, vagy a telehold utáni negyedik napon. Ezek egyszerű, tál alakú kráterek, amelyenek egészen 15 km-es átmérőig léteznek a Holdon. Az ennél a méretnél nagyobbaknak már lapos aljzatuk és csipkézett sáncuk van.

Méret szerinti sorrendben az első természetesen az Armstrong a maga 4,6 km-es átmérőjével és 670 m-es mélységével, a második az Aldrin, melynek átmérője 3,4 km, mélysége pedig 600 m, végül harmadik a 2,4 km-es Collins, mely egyben a legnehezebben megfigyelhető a három közül. Ez a kis kráterecske 560 m mélységű.

Az első emberes holdexpedíció helyszínéül kijelölt Mare Tranquillitatis a Hold egyik legizgalmasabb síksága. Nyugati szélén több szép rianás húzódik, mint például a Hypatia,

a Ritter és a Sosigenes-rianások, de találhatunk itt dómokat is, méghozzá a kis távcsövekkel könnyedén megfigyelhető Arago  $\alpha$  és  $\beta$ -dómokat, melyek a 26 km átmérőjű Arago-kráter közvetlen közelében, attól északra ( $\alpha$ ), illetve nyugatra ( $\beta$ ) találhatók. Az Arago-kráter és a három asztronautáról elnevezett kráter között egy fantasztikus fantomkráter fekszik, a Lamont-kráter. Ennek a 75 km-es kráternek már csak a körvonalai látszanak, egyébként teljesen eltüntette a bazaltos láva. Kora rendkívül magas, a kráter valamikor a pre-imbriumi korszakban születhetett 4,55–3,85 milliárd évvel ezelőtt.



Az Apollo–11 leszállóhelyének környezete a három amerikai űrhajósról elnevezett kráterekkel. Ladányi Tamás webkamerás felvétele 25 cm-es Cassegrain-távcsővel készült 2008.02.12-én 17:39 UT-kor.

## A Déli Delta Aquaridák

A meteorraj aktivitása július 12-én kezdődik és augusztus 19-ig tart. Maximuma július 27-én van. A ZHR maximális értéke 20 körül alakul.

A Delta Aquaridákat 1870-ben fedezték fel, amikor G. L. Tupman július 27. és augusztus 6. között 65 meteort rajzolt le. Tupman felfedezését követően a területet más tapasztalt észlelők is kutatni kezdték a XIX. század végén, köztük William F. Denning is, aki egymaga több mint 20 észlelést végzett. A környéken rengeteg radiánst találtak, de a későbbiek-



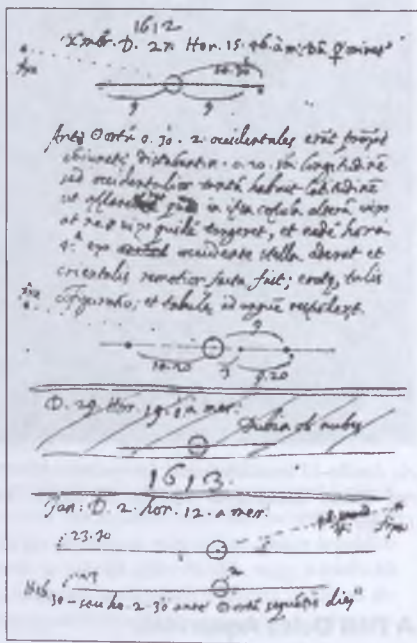
ben kiderült, hogy a legtöbb sporadikus meteor vagy az ún. antihelion rádiánshoz tartozó tag. Néhány évvel ezelőttig tartotta magát az a nézet, hogy létezik egy északi ága is a rajnak. Ezt az északi rajt többször is próbálták kimutatni az elmúlt több mint 100 évben, de legtöbbször sikertelenül.

S. E. Hamid és Fred L. Whipple által 1963-ban készített tanulmány szerint kapcsolat lehetséges a raj és a júniusi Nappali Arietidák között. Szerintük nagyon erős a kapcsolat, és bizonyítékot adnak arra is, hogy valószínűleg a Quadrantida raj is ebből az áramlatból alakult ki. A perturbációk alapján úgy gondolták, hogy a két raj pályasíkja és napközelpontja 1300-1400 évvel ezelőtt nagyon hasonló volt. A két raj meteoroidjainak fizikai jellemzője nagyon hasonló. Erről tanúskodnak a fénygörbék is.

A rajtagok átlagos fényessége 3 magnitúdó körüli. Gyakran előfordulnak tűzgömb kategóriájú rajtagok is. A rádián alacsony helyzete és a közepes sebesség miatt a meteorok szép hosszú fénycsíkokat húznak az égbolton.

## Fedezzük fel a Neptunuszt!

A hó közepén, július 14–15-én a legkülönböző nagybolygónk közel egy foknyi távolságra található a Jupitertől, pont úgy, mint amikor Galileo Galilei csaknem négyszáz évvel korábban majdnem felfedezte. Az 1612. december 28-án kelt észlelési leírásában feltűnteti a Jupitert és négy legnagyobb holdját, és a távcső látómezejében látott  $8^m$ -s csillagot, amellyről ma már tudjuk, hogy a Neptunusz volt. Egy hónappal később, több észlelés után, 1613. január 27-án távcsőve látómezejében egy újabb, a Neptunuszhoz közel eső csillagot rajzolt be naplójába. A rákövetkező éjszakán mérései alapján észrevette, hogy a két csillag egymástól egy kicsit távolodott. A felismerés ellenére az itáliai tudós nem mérte tovább a két csillag közötti távolságot, azok meg napok alatt lassan kikerültek a távcső látómezejéből. Ha a Jupiter holdjainak keringési idejének meghatározásához szükséges távolságmérések után visszatért volna a két csillaghoz, vagy ha a Neptunusz nem az idő tájt kezdte volna meg lelassulni, majd hátráló mozgását, bizonyára hamar felismerte volna, hogy a „fixa” csillagok közül az egyik valójában egy planéta – a dolog érdekessége, hogy ebben az esetben a nyolcadik bolygó hamarabb lett volna ismert, mint a hetedik. Végül a bolygót 1846-ban Adams – az Uránusz mozgásában mutatkozó perturbációk alapján elvégzett – számításai nyomán találta meg Galle és d'Arrest a berlini obszervatóriumban.



Galilei 1612-es feljegyzésein a „fixa” megjegyzéssel ellátott csillagot azonosították a Neptunusszal

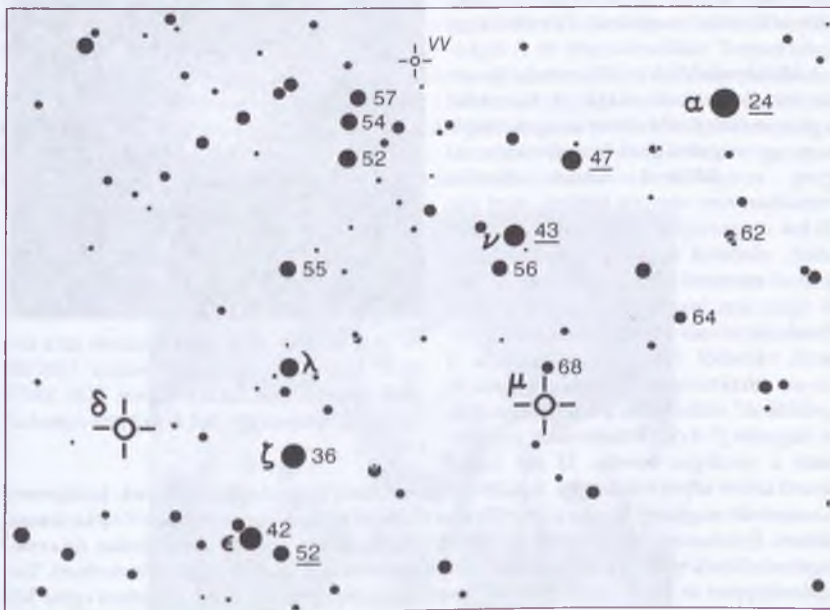


Adamson kívül Le Verrier is kiszámolta az új bolygó pályáját, ám eredményeit csak késve ismerték el.

A Neptunusz 1846-os felfedezése óta csaknem egy teljes fordulatot tett meg a Nap körül – a teljes „kör” jövőre, 2010-ben zárul. Oppozíciója augusztus 17-én lesz, ekkor 3 foknyi távolságra lesz a Jupitertől. A gázóriás kis látszó mérete miatt (2,2–2,5") nagyobb távcsövekkel (20–25 cm) és minimum 200–300-szoros nagyítással észlelhető, ám a részletek megpillantására nincs nagy esély. Holdjai közül a 13<sup>m</sup>5-s Triton észlelése kecssegett sikerrel.

## Észleljük a Gránátcsillagot!

A  $\mu$  Cephei (Gránátcsillag) félszabályos vörös szuperóriás csillag az  $\alpha$  és a  $\epsilon$  Cephei között nagyjából félúton. Feltűnő vörös színe alapján Herschel nevezte el Gránátcsillagnak, s kisebb látcsövekkel bárki meggyőződhet a csillag ragyogó színéről. Átlagosan 4 magnitúdós fényessége 800–1000 nap körüli periódussal ingadozik, amit félszabályos pulzáció okoz. Becsült távolsága 2400 fényév, ez pedig összevetve az interferometrikusan kimért korongátmérőjével fantasztikus valódi méretre, kb. 1700 napátmérőre utal – a Naprendszer közepébe helyezve a csillag fotoszférája valahol a Jupiter és a Szaturnusz pályája között helyezkedne el! Luminozitása is hasonlóan óriási, kb. 200 ezer napluminozitásával a Tejútrendszer legfényesebb csillagai közé tartozó, 30–40 naptömegű gigász. A Betelgeuze-hez hasonlóan várhatóan II-es típusú szupernóvaként fog felrobbanni a következő néhány millió év során. Mellékelt térképünk alapján nemcsak a  $\mu$  Cep, hanem a cefeidák névadó objektuma, a  $\delta$  Cephei fényváltozása is nyomon követhető.



## Kisbolygó

(7) *Iris*. A Tejút legsűrűbb része előtt, a Sagittariusban tartózkodó kisbolygó nagy nap-távolsága ellenére is 8,7 magnitúdóig fényesedik a hónap elején. Július 2-án fél fokkal északra látható az NGC 6716 nyílthalmaztól, 23-a és 26-a között pedig áthalad a fényes csillagok laza halmazából álló M25-ön.

## Üstökösök

22P/Kopff. Bár már távolodik a Naptól, földtávolsága tovább csökken, így fényessége alig változik, tartja 8 magnitúdó körüli értékét. A hónap végén éri el stacionárius pontját, így az Aquariusban látható égitest sajátmozgása jelentősen lelassul. Július 12-én hajnalban 4 ívpercre megközelíti az NGC 7399 galaxist.

C/2006 W3 (Christensen). A Pegasus, majd a Cygnus csillagképben láthatjuk ezt a 10-11 magnitúdós üstököst, amely 6-án éri el napközelpontját. Július 28-án hajnalban fél fokkal keletre látható az NGC 7013 galaxistól.

## M22: gömbhalmaz a Sagittariusban

A Sagittarius (Nyilas) csillagképben van a Tejútrendszer középpontja, melynek környezetében a gömbhalmazok száma erősen megnő. Így nem véletlen, hogy több különböző megjelenésű és távolságú „példánnyal” találkozhatunk itt. A legközelebbi képviselőjük az M22, amely 10 ezer fényév távolságból világít. A harmadik legfényesebb gömbhalmaz az égen, majdnem egy magnitúdóval intenzívebben ragyog az M13-nál. Ennek ellenére vizuálisan nem ennyire feltűnő, mert alig 20 fok magasságban delel a déli horizont felett, ráadásul kevésbé koncentráltabb. Szabad szemmel is megfigyelhető, de még jó égen sem igazán könnyű észrevenni. Binokulárral már kényelmesen megfigyelhető, városból vagy holdas égről is. 5 cm-es refraktorral struktúrák: csomók és „póklábak” észlelhetők a halmazban. Kisebb nagyobb (7–8 cm) műszerekkel már várható a részleges bontás; 15 cm körüli távcső szinte teljesen felbontja. A halmaztagok viszonylag lazán rendeződnek, közepesen koncentrált magja egyáltalán nem csillagszerű, belső területein egy érdekes V alakú forma látható. Érdekes módon nagyobb távcsövek nem mutatják olyan jól a póklábakat, de a csillagtömörülések így is lélegzetelállítóak, legfényesebb tagjaik színe is jól felismerhető. Tulajdonképpen az egyik „legszínebb” gömbhalmaz-egyéniség! Környezetében egész kis



Az M22-ről 2006 júniusában készítette ezt a felvételt Éder Iván. A használt műszer 130/780 TMB apokromát, átalakított Canon EOS 350D digitális fényképezőgép, 3x2 és 4x3 perc expozíció (részlet).

„gömbhalmaz-óvoda” található, kezdve a „nagysoportos” M28-cal, bezárva az igen apró és kompakt NGC 6638, 6717 és 6642 jelű halmazokkal.

## Évforduló

### Kis lépés, nagy ugrás – negyven évvel ezelőtt szállt le először ember a Holdon

1969. július 20-án (közép-európai idő szerint 21-én) a Sas leszállt. A Sas az Apollo–11 amerikai űrhajó által a Holdhoz juttatott holdkomp neve volt. Míg az űrhajó Hold körül keringő parancsnoki kabinjában Michael Collins különböző méréseket végzett, addig a küldetés parancsnoka és a Sas holdkomp pilótája, Neil Armstrong és Edwin Aldrin – az emberiség történetében először – sikeresen leszállt kísérőnk felszínére. A Nyugalom Tengerén (Mare Tranquillitatis) töltött 21 óra 37 perc alatt a két űrhajós tudományos (szeizmológia, holdközet-vizsgálat stb.) és történelmével vált események sorát vitte véghez. Utóbbira példák az alábbi, azóta szállóigévé vált mondatok: „A Sas leszállt.” (A talajt éretnél), „Kis lépés egy embernek, de hatalmas ugrás az emberiségnek.” (Armstrong ekkor érinti lábával először a Holdat.), végül: „Békével jöttünk, az egész emberiség nevében.” (Az űrhajósok és Richard Nixon elnök által aláírt, a Holdon máig megtalálható táblán lévő üzenet utolsó sora.)

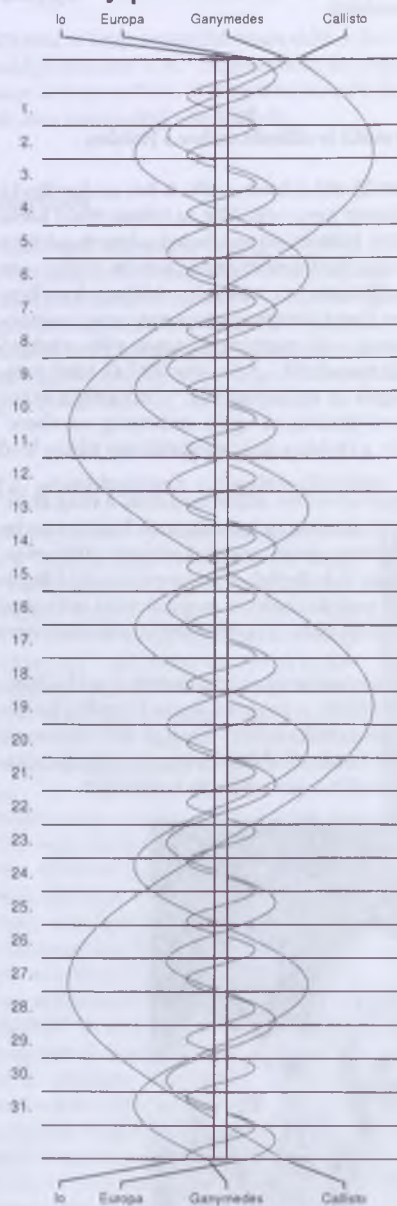
Hallatlan tudományos eredmény, technológiai vívmány. Akkor is tudtuk, a világ az űrverseny lázában ég, s ez jót tett a fejlődésnek. Azt azonban nem tudhattuk, hogy a szovjetek az idő tájt két különböző emberes holdprogram megvalósításán dolgoztak, sikertelenül. A Zond és a Szojuz űrhajók soha nem indulhattak el emberrel a Hold irányába a hordozórakéta megbízhatatlansága miatt. A politikai helyzet megváltozása (vietnami háború, a szovjetek őrállomás-építései a holdverseny helyett) aztán hamar, idő előtt véget vetett az 1972-ig tartó Apollo holdprogramnak.

Máig az Apollo–17 volt az utolsó űrhajó, amely embereket juttathatott el a Holdhoz, majd hozott vissza onnan vissza biztonságban a Földre. A program során 12 ember járt (és kutatott) kísérőnk felszínén. 2004-ben az amerikai politika ismét változott, 2009-ben megkezdődhet az Orion űrhajót pályára állító Ares–1 hordozórakéta évekig tartó tesztorsozata. Az Orion pedig már nem csak a Holdra, de később talán a Marsra is ellátogat.

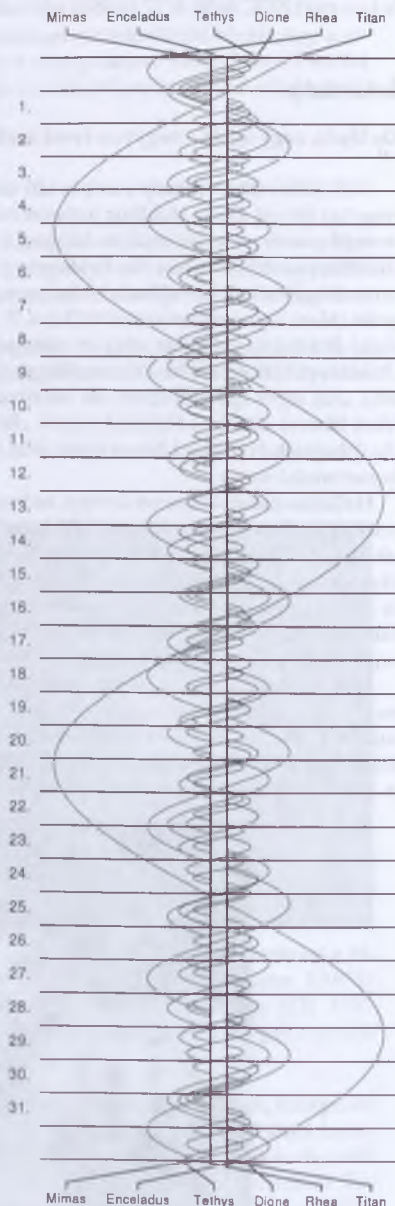




## Jupiter-holdak



## Szaturnusz-holdak





## Jupiter

d	UT h:m	hold	j
3	0: 0.4	E	fk
4	21:52.9	E	áv
	23:43.3	E	ev
5	0: 1.0	I	fk
	21:11.2	I	ák
	22: 6.1	I	ek
	23:29.4	I	áv
6	0:24.0	I	ev
	21:41.1	I	mv
7	0:20.9	C	ev
	22:37.5	G	ák
8	2:11.4	G	ek
	2:16.0	G	áv
11	21:35.9	E	ák
	23:10.6	E	ek
12	0:27.3	E	áv
	1:54.8	I	fk
	2: 1.9	E	ev
	23: 5.3	I	ák
	23:52.2	I	ek
13	1:23.7	I	áv
	2:10.4	I	ev
	20:23.2	I	fk
	20:23.9	E	mv
	23:26.7	I	mv
14	20:36.9	I	ev
	21:18.0	C	fk
15	2: 7.2	C	fv
18	22:52.6	G	mv
19	0:10.2	E	ák
	1:27.3	E	ek
20	0:59.6	I	ák
	1:37.6	I	ek
	22:17.1	I	fk
	22:42.3	E	mv
21	1:11.4	I	mv
	20: 3.9	I	ek
	21:46.9	I	áv
	22:22.2	I	ev

## Szaturnusz

d	UT h:m	hold	j
1	20:20.1	Di	mk
8	19:42.0	Di	ev
	20:40.0	Di	áv
11	20:58.4	Te	ek
12	19:37.3	Te	mk
14	20:29.7	Te	fv
19	19:29.7	Di	áv
	20: 1.5	Rh	mk
26	19:49.8	Rh	áv
29	19:34.8	Te	mk

$\lambda = 19^\circ$ ,  $\varphi = 47,5^\circ$  **Kalendárium – augusztus**

KÖZEI

Dátum	Nap					Hold			fázis h m
	kel h m	delel h m	nyugszik h m	$h_d$ °	$E_t$ m	kel h m	delel h m	nyugszik h m	
31. hét									
1. sz 213.	4 21	11 50	19 18	60,4	-6,3	16 38	20 34	-	
2. v 214.	4 22	11 50	19 17	60,2	-6,3	17 23	21 24	0 31	
32. hét									
3. h 215.	4 24	11 50	19 15	59,9	-6,2	18 00	22 13	1 29	
4. k 216.	4 25	11 50	19 14	59,6	-6,1	18 29	23 00	2 32	
5. sz 217.	4 26	11 50	19 12	59,4	-6,0	18 53	23 44	3 38	
6. cs 218.	4 28	11 50	19 11	59,1	-5,9	19 13		4 45	○ 155
7. p 219.	4 29	11 49	19 09	58,8	-5,8	19 31	0 27	5 51	
8. sz 220.	4 30	11 49	19 08	58,5	-5,7	19 47	1 08	6 58	
9. v 221.	4 31	11 49	19 06	58,2	-5,6	20 04	1 50	8 05	
33. hét									
10. h 222.	4 33	11 49	19 04	58,0	-5,4	20 21	2 31	9 13	
11. k 223.	4 34	11 49	19 03	57,7	-5,3	20 41	3 15	10 23	
12. sz 224.	4 35	11 49	19 01	57,4	-5,1	21 06	4 01	11 36	
13. cs 225.	4 37	11 48	18 59	57,1	-4,9	21 37	4 51	12 51	● 1956
14. p 226.	4 38	11 48	18 58	56,8	-4,7	22 19	5 46	14 06	
15. sz 227.	4 39	11 48	18 56	56,4	-4,5	23 15	6 45	15 16	
16. v 228.	4 41	11 48	18 54	56,1	-4,3	-	7 47	16 16	
34. hét									
17. h 229.	4 42	11 48	18 53	55,8	-4,1	0 25	8 50	17 04	
18. k 230.	4 43	11 47	18 51	55,5	-3,9	1 46	9 52	17 41	
19. sz 231.	4 45	11 47	18 49	55,2	-3,7	3 12	10 50	18 11	
20. cs 232.	4 46	11 47	18 47	54,8	-3,5	4 38	11 45	18 35	● 1102
21. p 233.	4 47	11 47	18 45	54,5	-3,2	6 02	12 37	18 56	
22. sz 234.	4 49	11 46	18 44	54,2	-3,0	7 23	13 27	19 16	
23. v 235.	4 50	11 46	18 42	53,8	-2,7	8 42	14 15	19 37	
35. hét									
24. h 236.	4 51	11 46	18 40	53,5	-2,5	9 59	15 04	19 59	
25. k 237.	4 53	11 46	18 38	53,1	-2,2	11 14	15 54	20 26	
26. sz 238.	4 54	11 45	18 36	52,8	-1,9	12 26	16 45	20 58	
27. cs 239.	4 55	11 45	18 34	52,4	-1,6	13 33	17 36	21 37	● 1241
28. p 240.	4 57	11 45	18 32	52,1	-1,3	14 31	18 28	22 25	
29. sz 241.	4 58	11 45	18 30	51,7	-1,0	15 20	19 19	23 20	
30. v 242.	4 59	11 44	18 28	51,4	-0,7	16 00	20 09	-	
36. hét									
31. h 243.	5 01	11 44	18 26	51,0	-0,4	16 32	20 56	0 22	

A nyári időszámítás alatt (dőlt betűvel szedve) a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát hozzá kell adni!

## augusztus

nap	Julián dátum 12 <sup>h</sup> UT	$\Theta_{gr}$ 0 <sup>h</sup> UT h m s	névnapok
1.	2 455 045	20 38 56	Boglárka, Gusztáv, Pálma, Péter, Zsófia
2.	2 455 046	20 42 53	Lehel, Gusztáv, Mária
3.	2 455 047	20 46 49	Hermína, István, Lídia, Terézia
4.	2 455 048	20 50 46	Domonkos, Dominika
5.	2 455 049	20 54 42	Krisztina, Ábel, Afrodité, Kriszta, Mária
6.	2 455 050	20 58 39	Berta, Bettina, Géza
7.	2 455 051	21 02 35	Ibolya, Afrodité, Albert, Arabella, Donát
8.	2 455 052	21 06 32	László, Dominik, Domonkos, Gusztáv
9.	2 455 053	21 10 28	Emőd, János, Roland
10.	2 455 054	21 14 25	Lőrinc, Bianka, Blanka, Csilla, Loránd, Lóránt, Roland
11.	2 455 055	21 18 22	Zsuzsanna, Tiborc, Klára, Lilian, Liliána, Lujza
12.	2 455 056	21 22 18	Klára, Hilda, Letícia
13.	2 455 057	21 26 15	Ipoly, Gerda, Gertrúd, Helén, Heléna, Ibolya, János
14.	2 455 058	21 30 11	Marcell, Menyhért
15.	2 455 059	21 34 08	Mária, Alfréd
16.	2 455 060	21 38 04	Ábrahám, István, Szeréna
17.	2 455 061	21 42 01	Jácint
18.	2 455 062	21 45 57	Ilona, Elena, Eleni, Helén, Heléna, Lenke
19.	2 455 063	21 49 54	Huba, Bernát, János, Lajos
20.	2 455 064	21 53 51	<b>Szent István ünnepe;</b> István, Bernát, Stefánia, Vajk
21.	2 455 065	21 57 47	Sámuel, Hajna, Erik, Erika, Franciska, Johanna
22.	2 455 066	22 01 44	Menyhért, Mirjam, Boglár, Boglárka, János, Mária
23.	2 455 067	22 05 40	Bence, Róza, Rózsa, Szidónia
24.	2 455 068	22 09 37	Bertalan, Albert, Aliz
25.	2 455 069	22 13 33	Lajos, Patrícia, Elemér, József, Tamás
26.	2 455 070	22 17 30	Izsó, Margit, Natália, Natasa, Rita
27.	2 455 071	22 21 26	Gáspár, József, Mónika
28.	2 455 072	22 25 23	Ágoston, Alfréd, Elemér, László
29.	2 455 073	22 29 20	Beatrix, Erna, Ernesztina, János, Kamilla, Szabina
30.	2 455 074	22 33 16	Róza, Letícia, Rózsa
31.	2 455 075	22 37 13	Erika, Bella, Aida, Hanga, Izabella, Rajmund, Ramóna

19–23. Meteor '09 Távcsoves Találkozó Tarjánban (Gerecse)



*A déli égbolt augusztus 15-én 20:00-kor (KÖZEI)*

## Bolygók

**Merkúr:** Egész hónapban kereshető napnyugta után az esti ég alján, de megfigyelésre kedvezőtlen helyzetben. 24-én van legnagyobb keleti kitérésben,  $27^\circ$ -ra a Naptól. Ekkor háromnegyed órával nyugszik a Nap után.

**Vénusz:** Fényesen látszik a hajnali keleti égen, magasan a horizont felett. Három órával kel a Nap előtt. Fényessége  $-4^m0$ -ról  $-3^m9$ -ra, átmérője  $15''$ -ről  $13''$ -re csökken, fázisa 0,74-ről 0,83-ra nő.

**Mars:** Előretartó mozgást végez előbb a Bika, majd az Ikrek csillagképben. Éjfél körül kel, a hajnali égen látható. Lassan fényesedik, fényessége  $1^m0$ -ról  $0^m9$ -ra, átmérője  $5,3''$ -ről  $5,8''$ -re nő.

**Jupiter:** Hátráló mozgást végez a Bak csillagképben. Egész éjszaka feltűnően látszik a déli ég alján, 14-én szembenállásban van a Nappal. Fényessége  $-2^m8$ , átmérője  $49''$ .

**Szaturnusz:** Előretartó mozgást végez az Oroszlán csillagképben. Este nyugszik, napnyugta után kereshető a nyugati ég alján. Fényessége  $1^m1$ , átmérője  $16''$ .

**Uránusz:** Az esti órákban kel. Az éjszaka nagy részében látható a Halak csillagképben.

**Neptunusz:** Csaknem egész éjszaka látható a Bak csillagképben. 17-én van szembenállásban a Nappal.

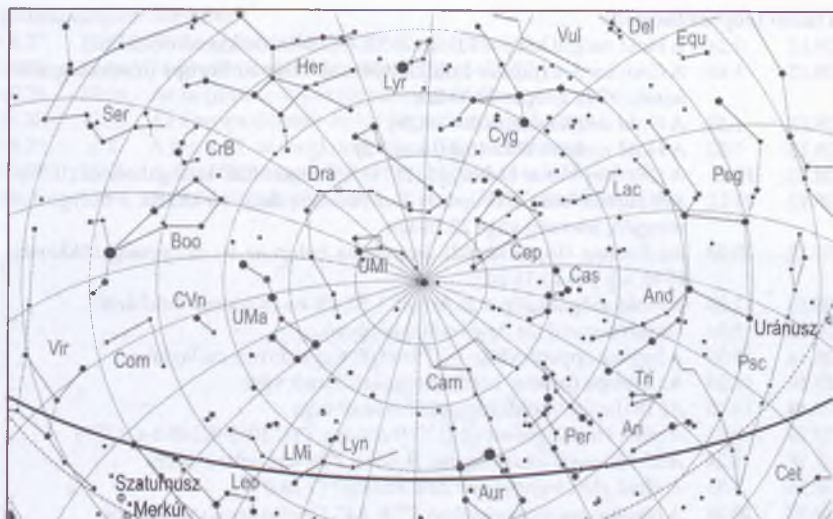
## Eseménynaptár

### Dátum Időpont Esemény

08.01. 18:55 Hold eléri legkisebb deklinációját ( $-27,3^\circ$ )

08.02. 18:53 A Merkúr bolygó  $39^\circ33'$ -re megközelíti a Regulust





*Az északi égbolt augusztus 15-én 20:00-kor (KÖZEI)*

### Dátum Időpont Esemény

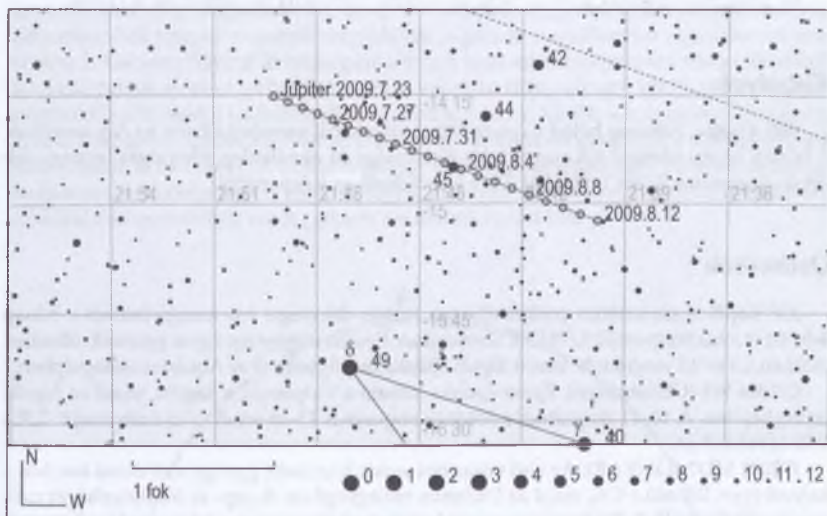
- |        |       |   |
|--------|-------|---|
| 08.02. | 18:53 | A Titan (Szaturnusz-hold) árnyékába belép a Rhea (fényességcsökkenés: 9 <sup>m</sup> 9), kilépés 18:59-kor                    |
| 08.03. | 23:06 | A Jupiter elfedi a 45 Cap-ot (−2 <sup>m</sup> 8, 48,7", csillag 6 <sup>m</sup> 0), kilépés 08.04., 00:48-kor                  |
| 08.03. | 23:47 | Az Europa (Jupiter-hold) fogyatkozásának kezdete  |
| 08.04. | 0:28  | A Hold földtávolban (406 043 km, 1765,8", 96,4%-os fázis)   |
| 08.04. | 2:50  | Az Io (Jupiter-hold) fogyatkozásának kezdete  |
| 08.04. | 21:48 | A Ganymedes (Jupiter-hold) árnyékába belép az Europa (fényességcsökkenés: 0 <sup>m</sup> 7), kilépés 21:59-kor                |
| 08.05. | 19:40 | A Ganymedes (Jupiter-hold) árnyékába belép az Io (fényességcsökkenés: 0 <sup>m</sup> 6), kilépés 19:45-kor                    |
| 08.05. | 20:57 | Az Europa (Jupiter-hold) árnyékába belép az Io (fényességcsökkenés: 0 <sup>m</sup> 5), kilépés 20:59-kor                      |
| 08.05. | 23:01 | Félarányékos holdfogyatkozás (félarányék nagysága: 0,422, a Capricornus csillagképben, max. fázis: 00:39, vége: 08.06. 02:16) |
| 08.06. | 0:55  | Telehold (a Capricornus csillagképben)  |
| 08.06. | 19:05 | A Jupiter 2°14'-re délre a 99,4%-os csökkenő fázisú Holdtól   |
| 08.06. | 23:53 | A Neptunusz 2°0'-re délkeletre a 99,1%-os csökkenő fázisú Holdtól   |
| 08.09. | 20:03 | A (89) Julia kisbolygó (10 <sup>m</sup> 2) 2,2'-re a 36 And-tól   |
| 08.10. | 18:29 | Az Io (Jupiter-hold) árnyékába belép az Europa (fényességcsökkenés: 0 <sup>m</sup> 8), kilépés 18:37-kor                      |
| 08.10. | 18:40 | Az Io (Jupiter-hold) elfedi az Európát (fényességcsökkenés: 0 <sup>m</sup> 5), kilépés 18:51-kor                              |
| 08.11. | 2:00  | A Szaturnusz gyűrűjének síkján délről északi irányba áthalad a Nap (a gyűrűnek nincs árnyéka a bolygókorongon)                |

**Dátum Időpont Esemény**

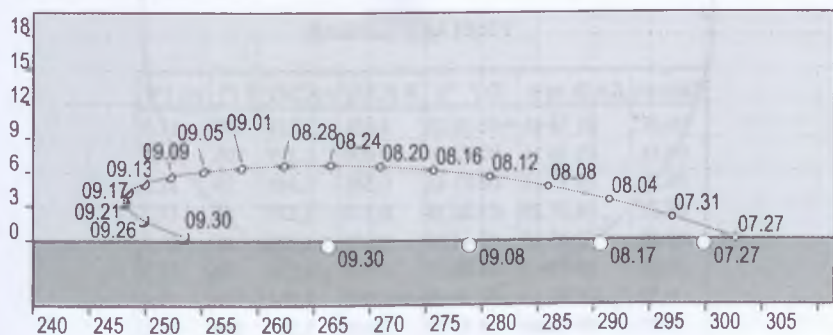
- 08.12. 0:24 A Hold mögül kilép a 101 Psc ( $6^m2$ , 68,5%-os csökkenő holdfázis)
- 08.12. 1:46 A Ganymedes (Jupiter-hold) árnyékába belép az Europa (fényességcsökkenés:  $9^m9$ ), kilépés 02:00-kor
- 08.12. 4:33 A Hold déli librációja ( $b = -6,78$ )
- 08.12. 9:52 A Hold nyugati librációja ( $l = -6,72$ )
- 08.12. 19:21 A (29) Amphitrite kisbolygó ( $11^m4$ )  $5,9'$ -re az NGC 4699 galaxistól ( $10^m4$ )
- 08.12. 21:11 Két Jupiter-hold (Europa és Ganymedes) árnyéka látszik a bolygó korongján, jelenség vége 22:18-kor
- 08.12. 23:09 Az Europa (Jupiter-hold) árnyékába belép az Io (fényességcsökkenés:  $0^m8$ ), kilépés 23:11-kor
- 08.13. 2:35 A Hold mögül kilép a 26 Ari ( $6^m1$ , 57,4%-os csökkenő holdfázis)
- 08.13. 18:56 Utolsó negyed (az Aries csillagképben)
- 08.14. 17:50 A Jupiter oppozícióban ( $-2^m9$ ,  $49,0''$ , Capricornus csillagkép)
- 08.14. 18:39 Az Europa (Jupiter-hold) fogyatkozásának vége
- 08.14. 19:15 Az Io (Jupiter-hold) fogyatkozásának vége
- 08.15. 0:21 A (480) Hansa kisbolygó ( $12^m7$ ) elfedi a TYC 1062-02240-1-t ( $11^m8$ )
- 08.16. 1:34 A 25,3%-os csökkenő fázisú Holdtól  $2^{\circ}38'$ -cel délre a Mars
- 08.16. 5:30 A Hold eléri legnagyobb deklinációját ( $+26,0^{\circ}$ )
- 08.17. 20:55 A Neptunusz oppozícióban ( $7^m8$ ,  $2,4''$ , Capricornus csillagkép)
- 08.17. 20:58 Az Io (Jupiter-hold) elfedi az Európát (fényességcsökkenés:  $0^m6$ ), kilépés 21:11-kor
- 08.17. 21:11 Az Io (Jupiter-hold) árnyékába belép az Europa (fényességcsökkenés:  $0^m8$ ), kilépés 21:20-kor
- 08.18. 1:29 A 8,1%-os csökkenő fázisú Holdtól  $3^{\circ}19'$ -cel nyugatra a Vénusz
- 08.19. 3:12 30 óra 50 perces holdsarló  $8,3^{\circ}$  magasan a hajnali égen (M44-től  $3,1^{\circ}$ -ra)
- 08.19. 4:50 A Hold földközelen (359 627 km,  $1993,7''$ , 2,2%-os fázis)
- 08.19. 23:46 Két Jupiter-hold (Europa és Ganymedes) árnyéka látszik a bolygó korongján, jelenség vége 02:20-kor
- 08.20. 10:02 Újhold (a Leo csillagképben)
- 08.21. 21:09 Az Io (Jupiter-hold) fogyatkozásának vége
- 08.21. 21:17 Az Europa (Jupiter-hold) fogyatkozásának vége
- 08.22. 14:29 A nappali égen 6,8%-os növekvő fázisú Holdtól  $4^{\circ}27'$ -re északra a Merkúr bolygó
- 08.23. 0:00 A Mars ( $1^m0$ ,  $5,7''$ )  $4'59''$ -re megközelíti a HIP 27696-ot ( $7^m2$ )
- 08.24. 16:15 A Merkúr legnagyobb keleti elongációja:  $27,3^{\circ}$  ( $0^m3$ ,  $7,3''$ , 53% fázis, Virgo csillagkép)
- 08.24. 18:19 A Hold északi librációja ( $b = 6,78$ )
- 08.24. 18:55 A (89) Julia kisbolygó ( $9^m9$ )  $5,5'$ -re a 67 Psc-től
- 08.24. 23:24 Az Io (Jupiter-hold) elfedi az Európát (fényességcsökkenés:  $0^m6$ ), kilépés 23:39-kor
- 08.25. 0:08 Az Io (Jupiter-hold) árnyékába belép az Europa (fényességcsökkenés:  $0^m7$ ), kilépés 00:21-kor
- 08.25. 6:16 A Hold keleti librációja ( $l = 7,30$ )
- 08.26. 8:02 A Merkúr dichotómiája (50,0% fázis,  $27,3^{\circ}$  elong.)
- 08.27. 2:41 Két Jupiter-hold (Europa és Ganymedes) árnyéka látszik a bolygó korongján, jelenség vége 02:44-kor
- 08.27. 2:44 A Mars  $20'31''$ -re megközelíti az 1 Gem-et

# Dátum Időpont Esemény

08.27.	11:41	Első negyed (a Scorpius csillagképben)
08.28.	17:46	Hold eléri legkisebb deklinációját ( $-27,3^\circ$ )
08.28.	23:04	Az Io (Jupiter-hold) fogyatkozásának vége
08.28.	23:55	Az Europa (Jupiter-hold) fogyatkozásának vége
08.29.	2:47	A Mars $48'$ -re megközelíti az M35 nyílthalmazt
08.30.	23:35	A (11) Parthenope kisbolygó ( $11^m,7$ ) $5,1'$ -re a 57 Ori-tól
08.31.	10:54	A Hold földtávolban (405 297 km, 1769,0", 84,4%-os fázis)



08.03. A Jupiter elfedi a 45 Cap-ot ( $-2^m,8$ ,  $48,7''$ , csillag  $6^m,0$ ), kilépés 2009.08.04., 00:48-kor



08.24. 16:15 A Merkúr legnagyobb keleti elongációja:  $27,3^\circ$  ( $0^m,3$ ,  $7,3''$ , 53% fázis, Virgo csillagkép)



## Félárnyékos holdfogyatkozás augusztus 6-án

Az év harmadik holdfogyatkozása egy kisebb mértékű félárnyékos holdfogyatkozás augusztus 6-án, mely Magyarországról teljes egészében látható. A jelenség a hajnali órákban zajlik, azonban a fogyatkozás nem okoz észrevehető fényváltozást a Hold fényében, így ez az esemény is csak elméleti jelentőséggel bír.

A félárnyék 03:01:04 UT-kor érinti meg a holdfelszínt, és csak 2:17:23 UT-kor távozik róla. A félárnyék 00:39:11 UT-kor takarja el a Hold legnagyobb részét (a penumbrális magnitúdó 0,4276), de ez is kevés bármiféle látható elváltozás létrejöttéhez.

Ez a holdfogyatkozás a 148-as Szárosz-sorozat harmadik fogyatkozása a 71-ből.

## Kisbolygó

(88) *Thisbe*. Néhány héttel napközelsége után kerül szembenállásba az Aquariusban. A hónap végén várható 9,8 magnitúdós fényessége az elméletileg lehetséges legnagyobb érték. Augusztus 21-én 1,8 fokkal délre lesz látható az o Aquariitól.

## Üstökösök

22P/Kopff. A stationárius pontját elhagyó, immár délnyugat felé mozgó üstökös e hónap 4-én éri el földközelpontját 0,775 CSE távolságban. Ezután fényessége egyre gyorsabb ütemben csökken 8,5 és 9,5 magnitúdó között. Egész éjszaka megfigyelhető az Aquarius csillagképben.

C/2006 W3 (Christensen). Egész éjszaka látható a Vulpecula, a Sagitta, majd az Aquila csillagképben. A 10–11 magnitúdós üstökös augusztus 13-án éri el földközelpontját 2,312 CSE távolságban.

P/2001 MD7 (LINEAR). Az első visszatérése felé közeledő, gyenge aktivitású üstökös a hajnali égen látható a Cet, majd az Eridanus csillagképben. A nap- és földközelségét csak szeptemberben elérő, 7,8 éves keringési idejű égitest fényessége várhatóan 11–12 magnitúdó körül lesz. Augusztus 9-én hajnalban az NGC 958, 17-én az NGC 1222, majd 21-én az NGC 1320-21 jelű galaxisokat közelíti meg néhány ívpercnnyire.

P/2001 MD7 (LINEAR)

Dátum	RA (h m s)	D (° ' ")	R (CSE)	r (CSE)	E (°)	m <sub>v</sub> (m)
08.01.	01 54 45	-02 58 25	0,651	1,321	103	11,8
08.11.	02 40 11	-02 52 59	0,609	1,279	101	11,5
08.21.	03 25 14	-03 01 42	0,586	1,248	99	11,3
08.31.	04 07 29	-03 20 34	0,578	1,229	98	11,2
09.10.	04 45 10	-03 44 20	0,579	1,224	97	11,2
09.20.	05 17 13	-04 08 50	0,587	1,232	98	11,3
09.30.	05 43 10	-04 29 20	0,597	1,254	100	11,4
10.10.	06 02 56	-04 41 15	0,606	1,287	104	11,5
10.20.	06 16 28	-04 39 39	0,614	1,332	109	11,7
10.30.	06 23 44	-04 17 29	0,622	1,385	116	11,9



## A Barnard-galaxis a Sagittariusban

A Barnard-galaxis (NGC 6822) törpe irreguláris galaxis, a Tejútrendszert is magában foglaló Lokális csoport tagja. Északi területein több fényes hidrogénfelhő azonosítható, és gömbhalmazokat is fedeztek fel benne. Ezek érdekessége, hogy csak a „közelmúltban”, azaz néhány tíz vagy százmillió éve jöttek létre, vagyis feltehetőleg ma is zajlik az intenzív csillagkeletkezés. A hidrogénfelhők leglátványosabbika a „Buborék-köd” (nem azonos a Cassiopeia csillagképben láthatóval!) a galaxis peremétől 2–3'-cel északnyugatra található, ami arra utal, hogy a galaxis jóval nagyobb a szögletes küllőnél. Ezt a sejtést csillagszámlálásos módszerrel is megerősítették, de az is valószínű, hogy hatalmas, ionizálatlan (HI) hidrogénfelhők vannak a centrális régió körül. A galaxis megpillantása nem kimondottan egyszerű. Alacsony felületi fényessége miatt csak igen sötét, holdmentes, városi fényektől távol eső égbolton lehet esélyünk rá, akkor azonban már akár egy 10x50-es binokulár is megmutatja a 15' körüli kis felhőt. 15 cm-es reflektorokkal, kisebb-közepes nagyítással már feltárul a szögletes alak és a felület struktúrája is, 30–40 cm-es átmérőtől a hidrogénfelhők észrevételére is van esély. A Barnard-galaxis kiváló fotografikus célpont: a foltos-fátylas megjelenés, a felületre vetülő előtér csillagok, valamint a vörösés-rózsaszínes árnyalatban tündöklő hidrogénfelhők miatt egészen rendkívüli hatást kelt.



*A Barnard-galaxis, ha nehezen is, de már binokulárral is látható. Sánta Gábor rajza 10x50 B-vel készült 2002-ben, a látómező 2 fokban.*



*Ezen a felvételen kitűnően látszik a Barnard-galaxis szerkezete és az északi peremét koszorúzó diffúz ködök. Forrás: Internet*

## Évforduló

### Négyszáz éve történt az első távcsöves bemutató

Galileo Galileit máig sokan tartják a távcső feltalálójának, ez azonban téves vélekedés: Galilei maga sem állította, hogy feltalálta volna azt az optikai eszközt, amit máig Galilei-féle távcsőként ismernek (bővebben l. Négyszáz éves a távcső c. cikkünket). A tudós 1609 májusában értesült először arról, hogy egy hollandus újfajta nézőüveget szerkesztett, mely közelebb hozza a távoli tárgyakat. Műszerkészítésben szerzett jártassága és kis műhelye segítségével heteken belül maga is elkészítette a műszert, mégpedig sokkal jobbat, hiszen az a távcső, amit augusztus 21-én bemutatott a velencei előkelőségeknek, 8- vagy 9-szeres nagyítású lehetett.

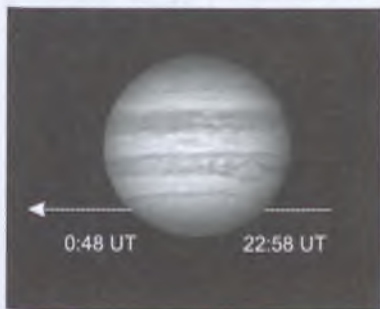


A történelem első „távcsöves bemutatójára” Velencében került sor, a Szent Márk székesegyház harangtoronyában. A Campanile magasából figyelték a város vezetői a szomszédos Murano életét, Padova tornyait és a közelítő hajókat, melyeket hamarabb ki lehetett így fürkészni, mint ahogy azt a legkiválóbb őrszemek teheték. A bemutató célja az új eszköz hadászati jelentőségének demonstrálása volt, ami oly jól sikerült, hogy a Serenissima jelentősen megemelte Galilei egyetemi fizetését. A tudós a dózsának, Leonardo Donatónak ajándékozta a nevezetes távcsövet. A kilátást ma is megsejlelhetjük a Campaniléből, azonban ne feledjük, hogy ez nem ugyanaz a harangtorony, amibe egykor Galileiék felkapaszkodtak. A Campanile 1907-ben összeomlott, amit ma ismerünk, az már az újjáépített torony.

## A Jupiter elfedi a 45 Capricornit

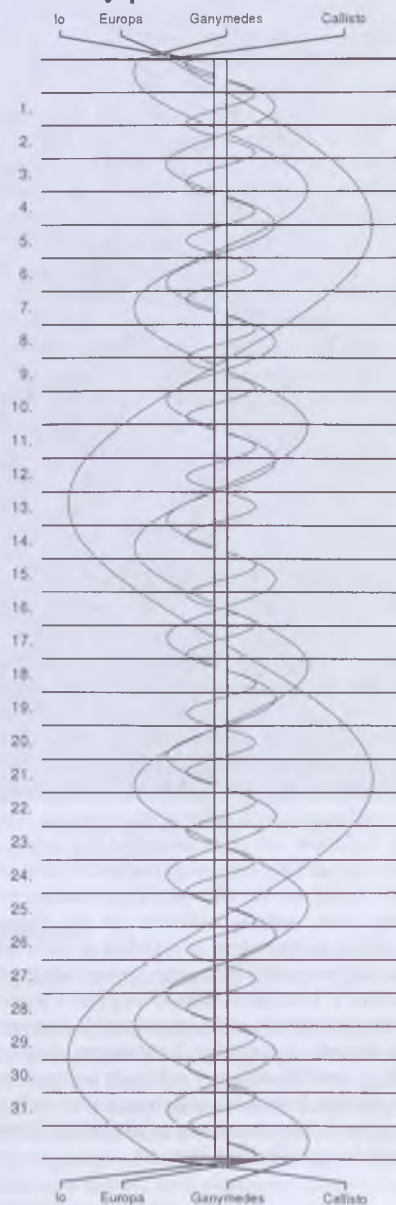
Bolygók csillagfedései – kis látszó átmérőjű korongjukból kifolyóan – igen ritka jelenségek. Közülük is a Jupiter fedései fordulnak elő leggyakrabban, hiszen mind közül ennek a bolygónak van a legnagyobb látszólagos korongja. Augusztus 3-án az éjszakai órákban a 45 Capricorni jelű 6 magnitúdós csillagot takarja el a bolygó, mely ekkor szembenállásban tartózkodik. A fedés idején délel, és  $-2,7$  magnitúdós fényességgel uralja a déli égboltot. A jelzett csillag nagyon könnyen megtalálható a Bak farkát alkotó delta Cap-tól bő másfél fokkal északra. A jelenséget megelőző napokban láthatjuk, ahogy az óriásbolygó egyre jobban megközelíti a csillagot kelet felől. Ekkor a Jupiter ugyanis hátráló mozgást végez

oppozíciós pontja környékén. 23:06 UT-kor lép be a csillag a bolygó délnyugati peremén. A fedés majdnem két órán keresztül tart majd, a kora hajnali kilépésre az gázóriás délkeleti oldalán kerül sor. Az előrejelzés pontossága néhány perc, emiatt érdemes jó fél órával korábban megkezdni az észlelést az előre jelzett időpont előtt. A Jupiter vastag felhőzete miatt az 1. kontaktus tulajdonképpen a légkör peremén történik, ezért fokozatos elhalványulást fogunk tapasztalni. Lehetséges, hogy a csillag – mielőtt eltűnne – többször is vissza fog fényesedni. Érdemes minden szokatlan dolgot lejegyezni. Természetesen a kilépéskor folyamatos fényesedést kell látnunk.

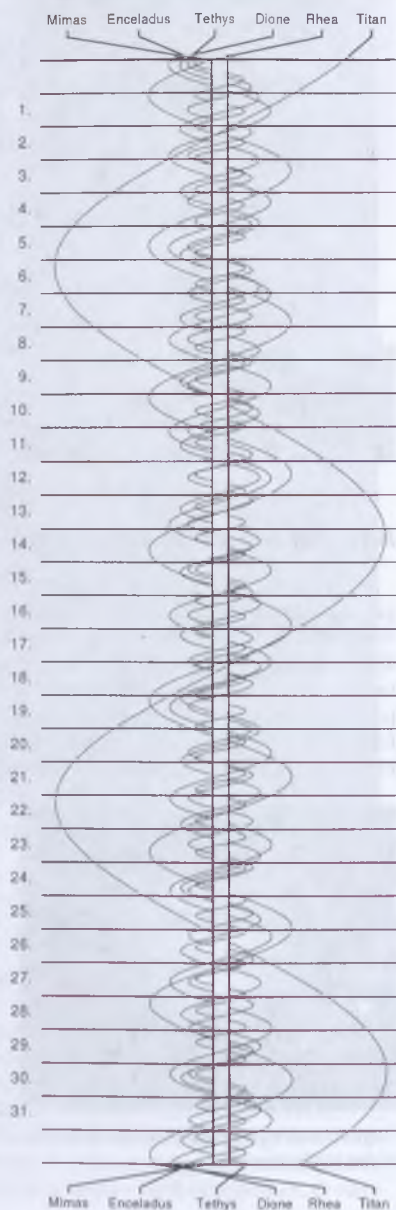


Augusztus 3/4-én a Jupiter elfedi a 6 magnitúdós 45 Capricornit

### Jupiter-holdak



### Szaturnusz-holdak





## Jupiter

d	UT h:m	hold	j
2	0:35.6	G	fk
3	23:46.9	E	fk
4	2: 5.2	I	fk
	23:17.4	I	ák
	23:32.5	I	ek
5	1:36.2	I	áv
	1:51.1	I	ev
	19: 3.3	E	ek
	19:12.9	G	ev
	20:33.8	I	fk
	21:28.1	E	áv
	21:55.0	E	ev
	23: 5.1	I	mv
6	20: 4.9	I	áv
	20:17.1	I	ev
8	23:22.7	C	ák
9	0:51.3	C	ek
11	2:24.5	E	fk
12	1:12.2	I	ák
	1:16.5	I	ek
	18:51.5	G	ek
	21:10.8	E	ák
	21:16.4	E	ek
	22:18.3	G	áv
	22:28.0	I	fk
	22:29.2	G	ev
13	0: 2.8	E	áv
	0: 8.1	E	ev
	0:48.6	I	mv
	19:40.9	I	ák
	19:42.4	I	ek
	21:59.8	I	áv
	22: 1.0	I	ev
14	18:39.1	E	fv
	19:14.6	I	fv
19	3: 0.4	I	ek
	3: 7.2	I	ák
	22: 8.1	G	ek
	22:40.4	G	ák

## Szaturnusz

d	UT h:m	hold	j
1	19: 0.8	Te	áv
4	19:41.7	Rh	ev
7	19:32.0	Di	ek
16	18:34.2	Te	ák
18	18:33.9	Te	ev
	18:51.8	Te	áv
	18:53.9	Di	ák
22	18:41.2	Rh	ák

$\lambda = 19^\circ$ ,  $\varphi = 47,5^\circ$ **Kalendárium – szeptember**

KÖZEI

Dátum	Nap					Hold			fázis h m	
	kel h m	delel h m	nyugszik h m	$h_d$ °	$E_t$ m	kel h m	delel h m	nyugszik h m		
36. hét										
1. k 244.	5 02	11 44	18 24	50,7	-0,1	16 57	21 41	1 27	○ 17 03	
2. sz 245.	5 03	11 43	18 22	50,3	+0,2	17 19	22 25	2 34		
3. cs 246.	5 05	11 43	18 20	49,9	+0,5	17 37	23 07	3 41		
4. p 247.	5 06	11 43	18 18	49,6	+0,8	17 55	23 49	4 48		
5. sz 248.	5 07	11 42	18 16	49,2	+1,2	18 11	-	5 55		
6. v 249.	5 09	11 42	18 14	48,8	+1,5	18 29	0 31	7 03		
37. hét										
7. h 250.	5 10	11 42	18 12	48,4	+1,9	18 48	1 14	8 13	● 3 16	
8. k 251.	5 11	11 41	18 10	48,1	+2,2	19 11	1 59	9 26		
9. sz 252.	5 13	11 41	18 08	47,7	+2,5	19 40	2 48	10 40		
10. cs 253.	5 14	11 41	18 06	47,3	+2,9	20 18	3 41	11 54		
11. p 254.	5 15	11 40	18 04	46,9	+3,2	21 08	4 38	13 05		
12. sz 255.	5 17	11 40	18 02	46,5	+3,6	22 11	5 37	14 07		
13. v 256.	5 18	11 39	18 00	46,2	+3,9	23 25	6 38	14 58		
38. hét										
14. h 257.	5 19	11 39	17 58	45,8	+4,3	-	7 39	15 38	● 19 44	
15. k 258.	5 21	11 39	17 56	45,4	+4,6	0 47	8 37	16 10		
16. sz 259.	5 22	11 38	17 54	45,0	+5,0	2 10	9 32	16 35		
17. cs 260.	5 23	11 38	17 52	44,6	+5,4	3 33	10 24	16 57		
18. p 261.	5 25	11 38	17 50	44,2	+5,7	4 55	11 14	17 18		
19. sz 262.	5 26	11 37	17 48	43,9	+6,1	6 15	12 03	17 39		
20. v 263.	5 27	11 37	17 46	43,5	+6,4	7 33	12 53	18 01		
39. hét										
21. h 264.	5 29	11 37	17 44	43,1	+6,8	8 51	13 43	18 26	● 5 49	
22. k 265.	5 30	11 36	17 42	42,7	+7,1	10 06	14 34	18 56		
23. sz 266.	5 31	11 36	17 40	42,3	+7,5	11 16	15 27	19 33		
24. cs 267.	5 33	11 36	17 38	41,9	+7,8	12 19	16 20	20 18		
25. p 268.	5 34	11 35	17 36	41,5	+8,2	13 13	17 12	21 11		
26. sz 269.	5 35	11 35	17 34	41,1	+8,5	13 57	18 02	22 11		
27. v 270.	5 37	11 35	17 32	40,7	+8,9	14 32	18 50	23 15		
40. hét										
28. h 271.	5 38	11 34	17 30	40,4	+9,2	15 00	19 36	-		
29. k 272.	5 40	11 34	17 28	40,0	+9,6	15 22	20 20	0 21		
30. sz 273.	5 41	11 34	17 26	39,6	+9,9	15 42	21 03	1 28		

A nyári időszámítás alatt (dőlt betűvel szedve) a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát hozzá kell adni!

# szeptember

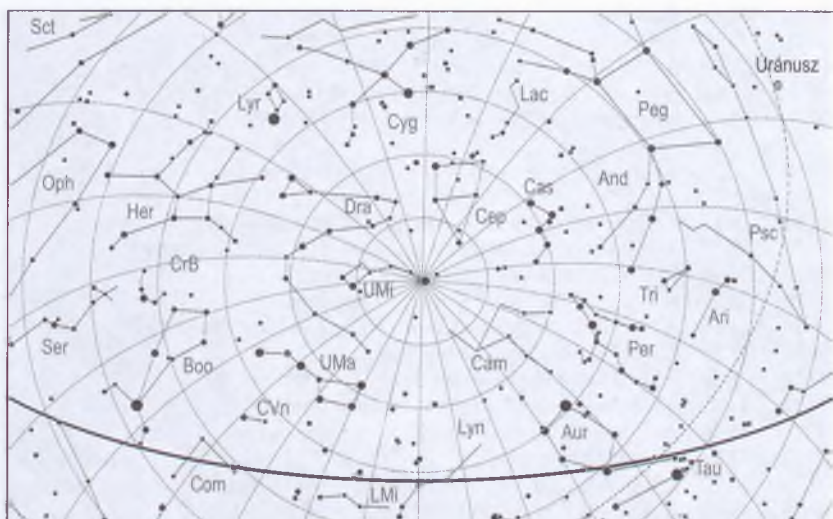
nap	Julián dátum 12 <sup>h</sup> UT	$\theta_{gr}$ 0 <sup>h</sup> UT h m s	névnapok
1.	2 455 076	22 41 09	Egyed, Egon, Ignác, Izabella, Noémi, Tamara
2.	2 455 077	22 45 06	Rebeka, Dorina, Ella, Ingrid, István, Margit, Teodóra
3.	2 455 078	22 49 02	Hilda, Gergely, Gergő
4.	2 455 079	22 52 59	Rozália, Ida, Róza, Rózsa
5.	2 455 080	22 56 55	Viktor, Lőrinc, Albert
6.	2 455 081	23 00 52	Zakariás, Bea, Beáta, Csanád, Ida
7.	2 455 082	23 04 49	Regina, Dusán, István, Menyhért
8.	2 455 083	23 08 45	Mária, Adrienn, Adorján, Adrián, Adriána, Irma
9.	2 455 084	23 12 42	Ádám, Péter
10.	2 455 085	23 16 38	Nikolett, Hunor, Erik, Miklós, Nikola, Noémi, Zalán
11.	2 455 086	23 20 35	Teodóra, Emil, Helga, Jácint, Milán
12.	2 455 087	23 24 31	Mária, Ibolya, Irma
13.	2 455 088	23 28 28	Kornél, János, Lujza
14.	2 455 089	23 32 24	Szeréna, Roxána
15.	2 455 090	23 36 21	Enikő, Melitta, Katalin, Loránd, Lóránt, Mária, Roland
16.	2 455 091	23 40 17	Edit, Ditta, Kornél, Kornélia, Lúcia, Soma
17.	2 455 092	23 44 14	Zsófia, Ildikó, Róbert
18.	2 455 093	23 48 11	Diána, József, Richárd
19.	2 455 094	23 52 07	Vilhelmina, Emília, Mária, Szabolcs, Tivadar, Vilma
20.	2 455 095	23 56 04	Friderika, Frida, Zsuzsa, Zsuzsanna
21.	2 455 096	0 00 00	Máté, Ildikó, Míra, Mirella
22.	2 455 097	0 03 57	Móric, Írisz, Ottó, Tamás
23.	2 455 098	0 07 53	Tekla, Ildikó, Ilona
24.	2 455 099	0 11 50	Gellért, Mercédesz, Gerda, Mária
25.	2 455 100	0 15 46	Eufrozina, Kende, Miklós, Nikolett, Nikoletta
26.	2 455 101	0 19 43	Jusztina, Dániel
27.	2 455 102	0 23 40	Adalbert, Albert, Károly, Vince
28.	2 455 103	0 27 36	Vencel, Bernát, Jusztina
29.	2 455 104	0 31 33	Mihály, Gábor, Gabriella, Rafael
30.	2 455 105	0 35 29	Jeromos, Felícia, Hunor, Örs, Viktor, Zsófia

14. A bizánci naptár 7518. évének kezdete

18. A zsidó naptár 5770. évének kezdete napnyugtakor







Az északi égbolt szeptember 15-én 20:00-kor (KÖZEI)

**Dátum Időpont Esemény**

09.02.	2:54	A Vénusz $1^{\circ}5'$ -re megközelíti az M44-et (Praesepe)
09.02.	18:33	A 96,6%-os növekvő fázisú Holdtól $2^{\circ}00'$ -cel délkeletre a Jupiter
09.03.	2:02	A Vénusz $3'42''$ -re megközelíti a $\delta$ Cnc-t
09.04.	1:01	A Hold mögé belép a $\rho$ Aqr ( $5^{\text{m}}4$ , 99,6%-os növekvő holdfázis)
09.04.	15:00	A Szaturnusz gyűrűjének síkján délről északi irányba áthalad a Föld (a gyűrű láthatatlanná válik)
09.04.	16:03	Telehold (az Aquarius csillagképben)
09.05.	18:27	Az Uránusz $4^{\circ}21'$ -re délre az 98,7%-os csökkenő fázisú Holdtól
09.05.	20:06	A Hold mögül kilép a $\lambda$ Psc ( $4^{\text{m}}5$ , 98,5%-os csökkenő holdfázis)
09.05.	23:35	A (11) Parthenope kisbolygó ( $11^{\text{m}}7$ ) $1,1'$ -re a 64 Ori-tól
09.06.	3:01	A (387) Aquitania kisbolygó ( $11^{\text{m}}4$ ) $1,5'$ -re az NGC 720 galaxistól ( $11^{\text{m}}2$ )
09.06.	3:48	A Mars ( $1^{\text{h}}0$ , $6,0''$ ) $18''$ -re megközelíti a HIP 31029-et ( $8^{\text{m}}3$ )
09.06.	18:53	Az Io belép az Europa (Jupiter-hold) árnyékába (fényességcsökkenés: $0^{\text{m}}7$ ), kilépés 18:55-kor
09.06.	19:27	Az Io (Jupiter-hold) fogyatkozásának vége
09.07.	0:17	A Ganymedes (Jupiter-hold) fogyatkozásának vége
09.08.	8:06	A Hold déli librációja ( $b = -6,65$ )
09.08.	15:31	A Hold nyugati librációja ( $l = -5,47$ )
09.08.	23:39	Az Europa (Jupiter-hold) árnyékába belép az Io (fényességcsökkenés: $1^{\text{m}}0$ ), kilépés 23:46-kor
09.09.	19:40	A Hold mögül kilép az $\epsilon$ Ari ( $4^{\text{m}}7$ kettőscsillag, 74,0%-os csökkenő holdfázis)
09.10.	0:51	Az (52) Europa kisbolygó ( $11^{\text{m}}8$ ) $1,6'$ -re a 126 Tau-tól
09.12.	2:16	Utolsó negyed (a Taurus csillagképben)
09.12.	4:38	A Hold eléri legnagyobb deklinációját ( $+25,9^{\circ}$ )

**Dátum Időpont Esemény**

09.12.	22:48	A 40,3%-os csökkenő fázisú Hold 0,8 fokra az M35-től
09.13.	23:09	A 29,2%-os csökkenő fázisú Holdtól 4°43'-re nyugatra a Mars
09.16.	7:48	A Hold földközeli (364 030 km, 1969,6", 8,3%-os fázis)
09.16.	11:24	A nappali égen 7,3%-os növekvő fázisú Holdtól 4°34'-re északkeletre a Vénusz
09.17.	3:53	38 óra 51 perces holdsarló 11,9° magasan a hajnali égen (a Vénusztól 8,3°-ra)
09.17.	9:41	Az Uránusz oppozícióban (5 <sup>m</sup> 7, 3,7", Pisces csillagkép)
09.17.	18:19	A Szaturnusz együttállásban a Nappal (1° 58'-re a Naptól)
09.18.	18:44	Újhold (a Virgo csillagképben)
09.20.	3:57	A Vénusz 37°37"-re megközelíti a Regulust
09.20.	14:46	A Merkúr alsó együttállásban a Nappal (a Naptól 3,0 fokra)
09.21.	1:21	A Hold északi librációja (b= 6,64)
09.22.	6:59	A Hold keleti librációja (l= 6,49)
09.22.	17:45	Az Io (Jupiter-hold) fogyatkozásának vége
09.22.	21:08	Az Europa (Jupiter-hold) fogyatkozásának vége
09.22.	21:19	Őszi napéjgyenlőség
09.23.	0:09	A Jupiter bolygó 16' 31"-re megközelíti az ι Cap-t
09.25.	14:51	A Hold eléri legkisebb deklinációját (-26,9°)
09.25.	17:42	A (7) Iris kisbolygó (10 <sup>m</sup> 1) 19,5'-re az M25 nyílthalmaztól
09.26.	4:49	Első negyed (a Sagittarius csillagképben)
09.28.	3:28	A Hold földtávolban (404 469 km, 1772,6", 68,0%-os fázis)
09.28.	4:08	A Merkúr 8'-re megközelíti a τ Leo-t
09.29.	18:40	A (39) Laetitia kisbolygó (11 <sup>m</sup> 7) 11,0'-re az M107 gömbthalmaztól (11 <sup>m</sup> 2)
09.29.	19:40	Az Io (Jupiter-hold) fogyatkozásának vége
09.29.	22:37	A 82,6%-os növekvő fázisú Holdtól 2°17'-cel délkeletre a Jupiter bolygó
09.29.	23:47	Az Europa (Jupiter-hold) fogyatkozásának vége

**Üstökösök**

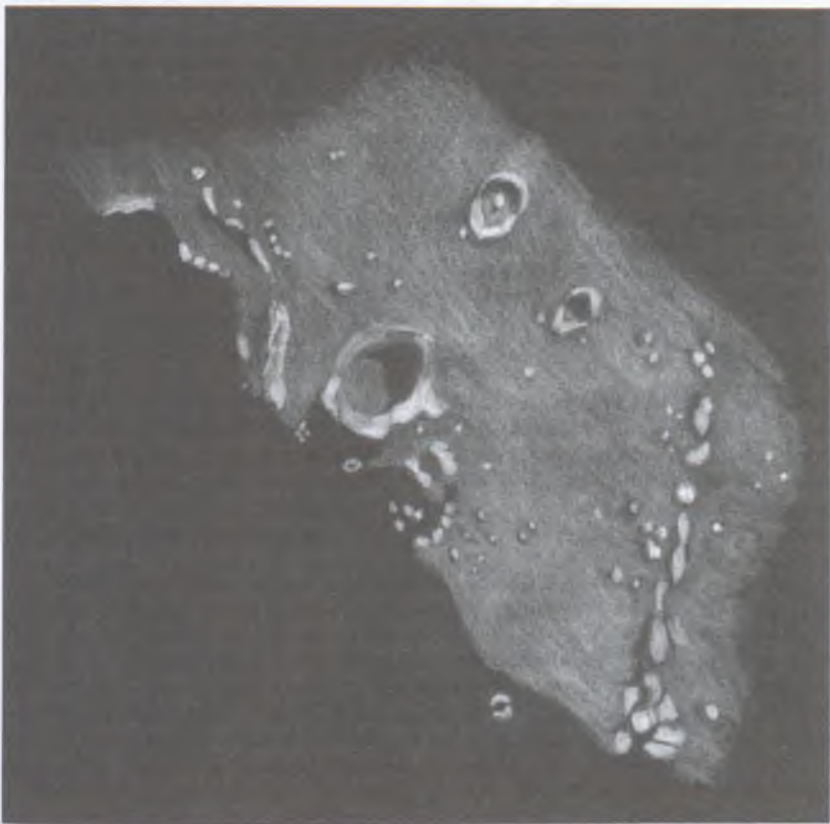
**22P/Kopff.** Gyorsan halványodik 9,5 és 11 magnitúdó között, miközben sajátmozgása szokatlanul lelassul. A hónap végén csak napi 1 ívpercet mozdul el, és egész hónapban nem tesz meg 3 fokot az Aquarius csillagjai közt.

**C/2006 W3 (Christensen).** Az éjszaka nagyobb részében látható az Aquila csillagképben ez a 11–12 magnitúdós üstökös.

**P/2001 MD7 (LINEAR).** Szeptember 2-án éri el napközelpontját ( $q=1,223$  CSE), egy héttel később pedig földközelibe kerül ( $r=0,577$  CSE). Ennek ellenére 11 magnitúdónál nem lesz fényesebb az Eridanus és az Orion csillagképekben mozgó üstökös. Szeptember 26-án hajnalban 1 fokkal északra láthatjuk az Orion-ködtől.

**A Lunyik-2 becsapódási helye**

A Mare Imbrium keleti szélén három hatalmas, impozáns kráter uralja a tájat. Ez a három kráter az Archimedes, Autolycus és az Aristillus, melyek majdnem egy derékszögű háromszöget alkotnak. Legnagyobb közülük az Archimedes, a maga 83 km-es átmérőjével és tera-



*Az Archimedes-kráter (Rieth Anna rézkarca)*

szos szerkezetű sáncfalaival. Az öreg, legalább 3,2 milliárd éves kráter belseje teljesen lávával töltött, szinte makulátlannak tűnik, legalábbis kisebb távcsövekkel. Nagyobb műszerrel és nagyítással már észrevehetünk a kráter aljzatán két-három apró kráterecskét. Az Archimedestől keletre, nagyjából egy kráterátmérőre fekszik az Autolycus, mind közül a legkisebb kráter. Ez a 39 km-es csipkézett peremű kráter sokkal fiatalabb, mint nyugati szomszédja, talán egymilliárd éves lehet. A lapos kráterfenéken csuszamlásnyomokat, kráterkitöltő üledéket fedezhetünk fel. A harmadik és egyben a legszebb kráter a három közül az Aristillus. Ez egy 55 km átmérőjű, 3650 m mély, klasszikus központi csúcsos kráter. Összetett központi csúcsának magassága 940 m. Félelmetesen szép ennek a kráternek a külső, folyamatos (proximális) törmelékterítője. A jól láthatóan sugárirányban, a szélrózsa minden irányában szétterülő törmelékterítőt néhol vagy száz kilométer hosszan követhetjük.

1959. szeptember 14-én az Archimedes és az Autolycus-kráterek közé csapódott be a Lunyik-2 szovjet holdszonda.

## Kisbolygók

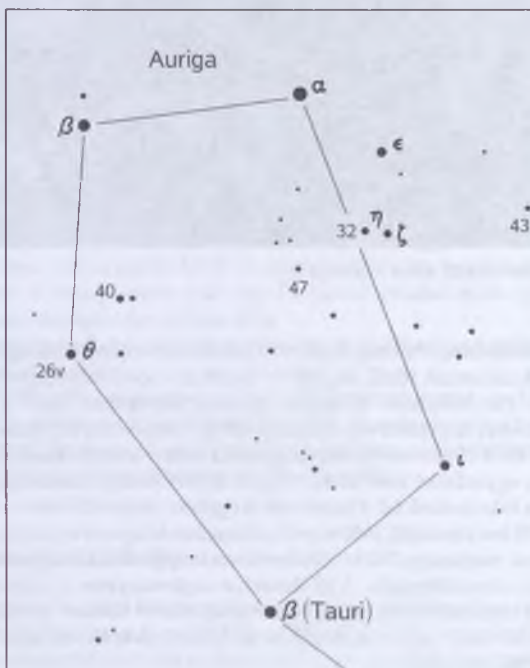
(3) **Juno.** A szokatlanul elnyúlt pályán járó 230 km átmérőjű kisbolygó kedvező szembenállását láthatjuk az idén. A Pisces csillagképben mutatkozó 7,5 magnitúdós égitest szeptember 18-án hajnalban 9 ípperccel nyugatra látható a 29 Pisciumtól.

(20) **Massalia.** A Júnótól 4 fokkal északkeletre látszó kisbolygó a hónap végén éri el maximális fényességét 9,3 magnitúdónál. A hónap utolsó éjszakáján 50 ípperccel keletre látható az NGC 7783 galaxistól.

(42) **Isis.** Húsz évente látható olyan kedvező helyzetben, mint a mostani szembenállása idején. Az Aquarius déli részén látható kisbolygó szeptember 16-án 35 ípperccel délre halad el a 6,2 magnitúdós 100 Aquariustól.

## A leghosszabb periódusú fedési kettős: az $\epsilon$ Aurigae

A Capellától alig pár fokra található, és az idő legnagyobb részében 3 magnitúdós  $\epsilon$  Aurigae (Almaaz) a szabad szemmel látható égbolt egyik legkülönlegesebb és legkevésbé értett csillaga. A körülbelül 2000 fényévre található F színképtípusú szuperóriás 7800 K felszíni hőmérsékletű, átmérője valamivel 1 CSE felett van. Teljes energiakibocsátása 50 ezer-szer múlja felül a Napét, tömege pedig 15–20 naptömeg körüli lehet. Az F színképtípusú szuperóriások már magukban is elég ritkák, de az  $\epsilon$  Aur még ennél is furcsább. A csillag fe-





dési kettős, ám ellentétben sok ezer hasonló rendszerrel, elképzelhetetlenül grandiózus skálán. Összehasonlításképpen: a fedési kettősök prototípusa, a  $\beta$  Per (Algol) 2,87 naponta halványodik el, miközben egy K típusú óriás eltakarja a kisebb, de fényesebb B típusú főkomponenst. Az Almaaz nagyjából ugyanannyit halványodik el egy fedés során, mint az Algol, de periódusa 27,1 év, a fedés pedig majdnem két évig tartó folyamat! Egy F szuperóriást két évig (részben) eltakaró égitestnek hatalmas méretűnek kell lennie, ám ennek ellenére még soha senki nem detektálta az Almaaz spektrumában, azaz lényegében láthatatlan az optikai tartományban. A legelfogadottabb elmélet szerint az Almaaz körül egy hozzá hasonló tömegű csillag kering, amit azonban számunkra teljesen eltakar egy sötét, valószínűleg pontosan éléről látszó porkorong. A két komponens távolsága 30 CSE körüli, így a sűrű porkorong valószínűsíthető átmérője 20 CSE. Mivel a teljes fedés közepén enyhe felfényesedés észlelhető, a porkorong közepén lyukas lehet, mint egy hatalmas fánk. Hogy milyen csillag van benne, teljesen bizonytalan: bizonyos vizsgálatok 4 naptömegű csillagra, mások 15 naptömegű égitestre következtettek. Az  $\epsilon$  Aur legutolsó fedése 1982–1984 során játszódott le, a következő pedig 2009 augusztusától 2011 májusáig fog tartani. Várhatóan földi és űrbéli műszerek armadája fogja észlelni a csillag változásait, mellékelt térképünk alapján pedig a szabadszemes észlelők maguk is követhetik, amint lassan elhalványodik a rendszer 2009/2010 telén–tavaszán.

## NGC 869+884 (Ikerhalmaz) NY Per

Az őszi hónapok estéin magasan a fejünk felett delel a Tejút sávja. Szeptemberben eleinte kissé alacsonyan, de az éjszaka nagy részében megfigyelhető a Galaxis talán legszebb nyílthalmaza, azaz halmaz-párosa, a  $\chi$  és  $h$ , avagy NGC 869–884 NY Per. Legtöbbször így, hanem az amatőrök között népszerű nevén, Ikerhalmaznak hívják. A két csodálatos halmaz centruma alig 25' távolságra van egymástól az égen, tagjaik egymásba folynak, a hatás rendkívüli. Bár a déli égen vannak fényesebb és egyenként szebb csillaghalmazok, a kettős rendszerrel nem igazán vehetik fel a versenyt. Az Ikerhalmaz végre valóban egy olyan csoda, melyre méltán irigykedhetnek a déli égbolt megfigyelői.

Valódi távolságuk is megközelítően azonos, vagyis 7300 fényév, ezzel a Perseus-kar részét képezik. Koruk 13 millió év – ezzel a legfiatalabbak közül valók; a térben egymáshoz közel, egyszerre, ugyanabból a hidrogénfelhőből alakultak ki. Fényesebb és sűrűbb az NGC 869, mely vizuálisan 4,5 magnitúdóval ragyog, tehát könnyedén látható szabad szemmel. Társa, az NGC 884 5,7 magnitúdós, jobb égen ez is könnyedén megmutatja magát. Leggyakrabban azonban egy elnyúlt, 3<sup>m</sup>-s „földimogyoró” alakot láthatunk pusztán szemmel. Közeliükben a Stock 2 halmaz több mint fél fokkal, 6<sup>m</sup>-s korongja is kivehető. Érdekesség: ha képzeletben a Plejádok helyére tennénk a két mélyég-objektumot, akkor 0 és 1,2 magnitúdós, több fok kiterjedésű halmazokként ragyognának!

Távcsőben az Ikerhalmaz először is szokatlan csillagsűrűségével és színeivel hívja fel magára a figyelmet. Különösen az NGC 884-ben találunk sok vörös óriáscsillagot, de a környék több más vörös csillaga is hozzájárul látvány nagyszerűségéhez. Rajtuk kívül még sok kékes, fehér, zöldes, sárgás színű égitest is ragyog felénk az Ikerhalmazból, így teljes a színekavalkád. Mivel egyenként 300–300 csillagot tartalmaznak, és kisebb (20–30-szoros) nagyítással, 10–15 cm-es távcsővel még legalább ugyanannyi látszik a látómező tejtus háttérben, egyike azon területeknek, ahol egy látómezőben ugyanannyi csillagot láthatunk, mint az egész égen szabad szemmel! Mindenféle műszerrel érdemes szemrevételezni, binokulárokkal és RFT-kkel a 2,5 fokkal északra lévő Stock 2 is becsempészhető a



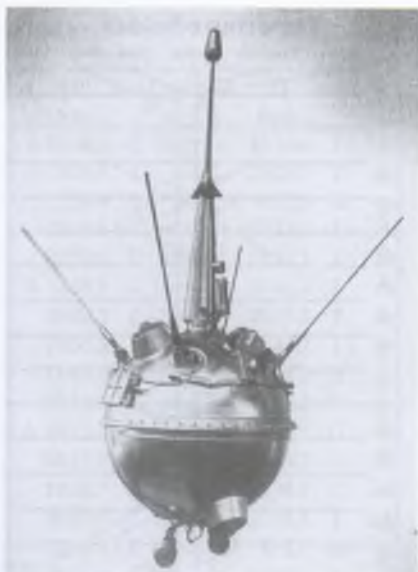
*Kiss Péter 1999-ben több éjszaka észlelései alapján készítette el az Ikerhalmaz rajzát. A műszer 11 cm-es „Mizár” volt, a nagyítás 32-szeres, a látómező 1,3 fok.*

látómezőbe. Nagyobb nagyításokkal a bontás fokozható, de 50–60-szoros felett már nem nagyon láthatjuk egyszerre a két halmazt, és a színek is kevésbé érvényesülnek. Tipikus kistávcsöves, nagylátómezős objektum, a 13–15 cm-es műszerben, 3 fokos látómező mellett felragyogó ezer csillag látványát semmi sem tudja pótolni.

## Évforduló

**Az első ember alkotta test a Hold felszínén – 50 éve csapódott be a Lunyik–2**

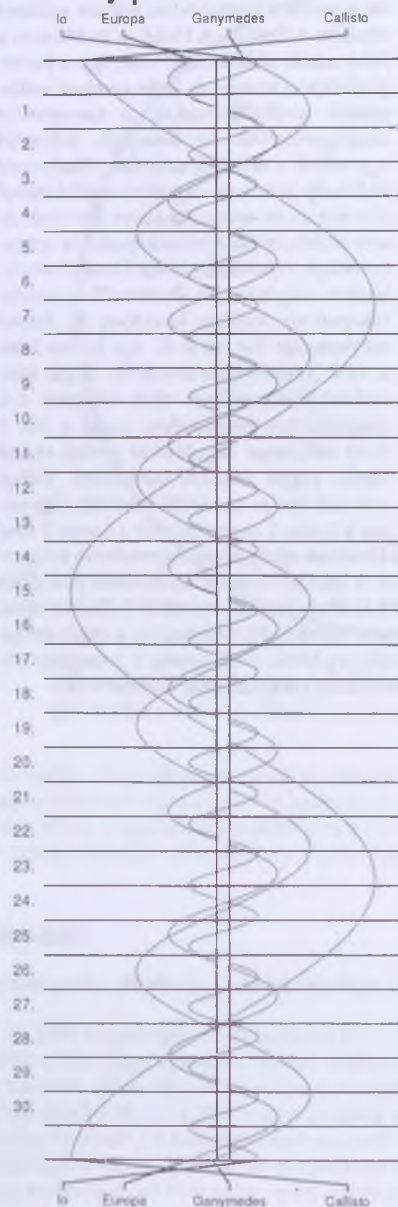
Az 1959. szeptember 12-én indított Luna–2 (vagy Lunyik–2) volt a Szovjetunió hatodik kísérlete arra, hogy eltalálja a Holdat. Ezúttal a kísérlet teljes sikerrel zárult, s az űrszonda így kísérőnk felszínére juttathatta a szovjet jelképeket. (A Luna–1 5995 km-re haladt el az égitest felszínétől, a további Luna-szondák a hordozórakéta hibájából nem érték el a Föld körüli pályát sem.) A küldetés azonban ennél jóval több volt, tudományos és technológiai szempontból egyaránt óriási, átütő sikerként könyvelhető el. Technológiai előrelépés volt, hogy az űreszközzel több százezer km távolságig sikerült fenntartani a kapcsolatot, s az is,



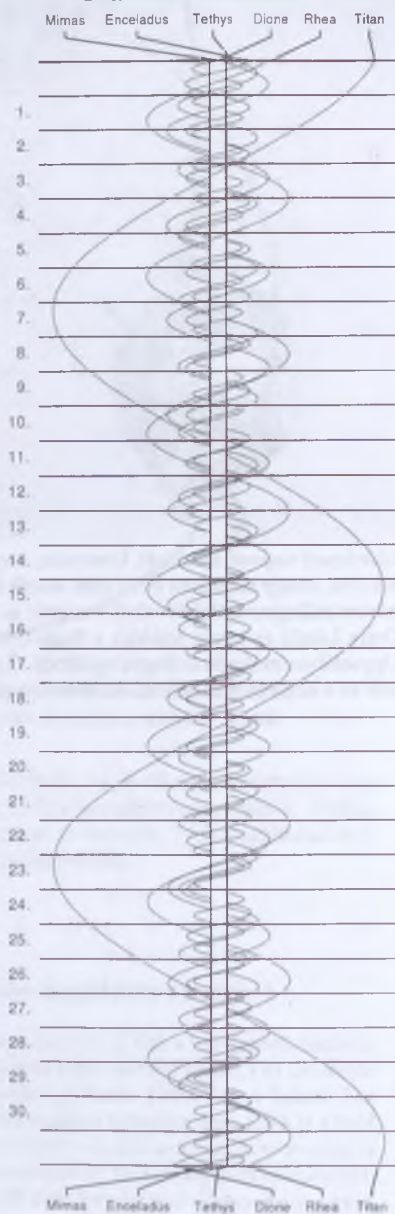
hogy a 36 órás utazást követően az űrszonda közvetlen becsapódási pályán valóban eltalálta a Holdat. A Hold az indításkor a Föld másik oldala fölött volt, így a becsapódáskor a szovjet és kelet-európai csillagászok próbálkozhattak a becsapódás megfigyelésével. Az űrszonda helyzetét egy ebből a célból a szondán elhelyezett rádióadó jeleinek Doppler-eltolódásából lehetett az út során pontosan követni, de erre a célra optikai teleszkópokat is igénybe vettek. A hordozórakéta Luna-2-höz illesztett végfokozata (harmadik, gyorsító fokozat) az indítást követően 12 órával nátriumgázt bocsátott ki, így hozva létre az első „mesterséges üstökösöt”. A gáz kezdetben pontszerűnek tűnt, mígnem 4-5 magnitúdóra fényesedett, majd a kb. 1 km/s sebességű tágulásával gyűrű alakot öltött, végül teljesen széteszlott. Ekkor már 650 km-es átmérőjű lehetett. Útja során a Luna-2 megerősítette a Luna-1 által

felfedezett napszél létezését, kimutatta, hogy a Holdnak nincs jelentős (mérhető) mágneses tere, ahogy sugárzási övek sem veszik körül. A becsapódáskor keletkezett porfelhőt három csillagvizsgálóból vélték észlelni: az MTA Csillagvizsgáló Intézetéből (Balázs Júlia, Detre László és Lovas Miklós), a Bajai Observatóriumból (Ill Márton) és a svédországi Uppsalában működő csillagvizsgálóból. Hogy tényleg látták-e a jelenséget, a megfigyeléseik és a későbbi becsapódás-észlelések összehasonlítása alapján nem dönthető el.

## Jupiter-holdak



## Szaturnusz-holdak





## Jupiter

d	UT h:m	hold	j
2	23:18.2	C	mk
4	0:55.8	I	ek
	1:26.4	I	ák
	22: 8.6	I	mk
	22:32.6	E	mk
5	0:58.1	I	fv
	19:22.2	I	ek
	19:55.3	I	ák
	21:40.7	I	ev
	22:14.0	I	áv
6	18:13.1	E	ák
	18:19.2	G	mk
	19:26.7	I	fv
	19:57.0	E	ev
	21: 4.8	E	áv
7	0:16.7	G	fv
11	23:53.9	I	mk
12	0:51.3	E	mk
	21: 8.3	I	ek
	21:50.8	I	ák
	23:26.6	I	ev
13	0: 9.2	I	áv
	18:20.3	I	mk
	19:22.5	E	ek
	20:48.3	E	ák
	21:21.5	I	fv
	21:42.6	G	mk
	22:13.7	E	ev
	23:39.9	E	áv
14	17:53.2	I	ev
	18:38.0	I	áv
15	18:30.0	E	fv
17	18:22.8	G	áv
19	18:47.4	C	mv
	22: 1.2	C	fk
	22:55.3	I	ek
	23:46.3	I	ák
20	20: 6.8	I	mk
	21:41.3	E	ek

## Szaturnusz

d	UT h:m	hold	j
2	3:52.0	Te	mv
6	3:39.1	Ti	áv
	4:19.8	Ti	ev
7	3:35.1	Rh	ev
11	4:10.4	Di	fk
16	4: 8.5	Rh	áv
17	3:17.6	Te	fk
18	3:40.3	Di	áv
	4: 1.6	Di	ev
19	3:49.2	Te	mv
22	2:41.9	Ti	áv
	2:58.3	Di	fk
29	2:27.5	Di	áv
	2:55.3	Di	ev
30	4:27.0	Ti	fv

$\lambda = 19^\circ$ ,  $\varphi = 47,5^\circ$ **Kalendárium – október**

KÖZEI

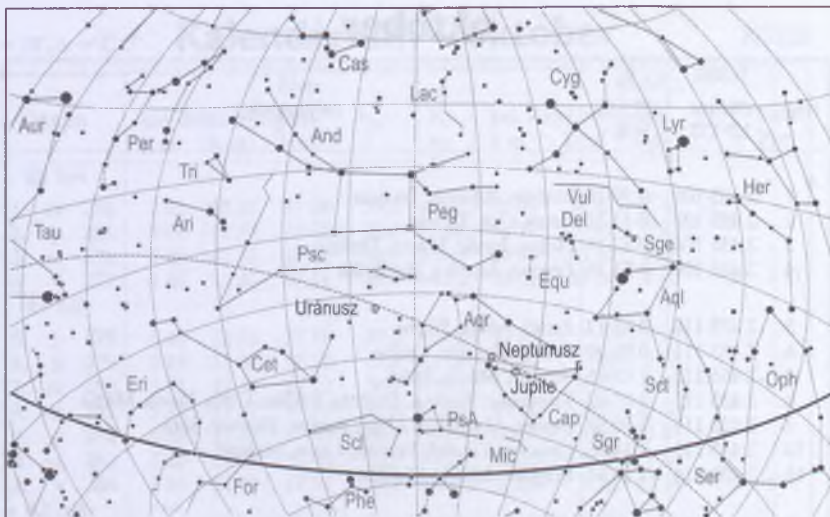
Dátum	Nap					Hold			fázis h m	
	kel h m	delel h m	nyugszik h m	$h_d$ °	$E_t$ m	kel h m	delel h m	nyugszik h m		
40. hét										
1. cs 274.	5 42	11 33	17 24	39,2	+10,2	16 00	21 45	2 35	○ 7 11	
2. p 275.	5 44	11 33	17 22	38,8	+10,5	16 17	22 27	3 42		
3. sz 276.	5 45	11 33	17 20	38,4	+10,9	16 35	23 10	4 50		
4. v 277.	5 46	11 32	17 18	38,0	+11,2	16 54	23 56	6 00		
41. hét										
5. h 278.	5 48	11 32	17 16	37,6	+11,5	17 16	-	7 13	● 9 57	
6. k 279.	5 49	11 32	17 14	37,3	+11,8	17 44	0 44	8 28		
7. sz 280.	5 51	11 31	17 12	36,9	+12,1	18 20	1 37	9 43		
8. cs 281.	5 52	11 31	17 10	36,5	+12,4	19 06	2 33	10 56		
9. p 282.	5 53	11 31	17 08	36,1	+12,6	20 05	3 32	12 01		
10. sz 283.	5 55	11 31	17 06	35,7	+12,9	21 15	4 33	12 55		
11. v 284.	5 56	11 30	17 04	35,4	+13,2	22 33	5 32	13 38		
42. hét										
12. h 285.	5 58	11 30	17 02	35,0	+13,4	23 53	6 29	14 11		
13. k 286.	5 59	11 30	17 00	34,6	+13,7	-	7 24	14 38		
14. sz 287.	6 01	11 30	16 58	34,2	+13,9	1 14	8 15	15 00		
15. cs 288.	6 02	11 29	16 56	33,9	+14,2	2 33	9 05	15 21		
16. p 289.	6 03	11 29	16 54	33,5	+14,4	3 51	9 53	15 41		
17. sz 290.	6 05	11 29	16 52	33,1	+14,6	5 09	10 42	16 02		
18. v 291.	6 06	11 29	16 51	32,8	+14,8	6 26	11 31	16 26		
43. hét										
19. h 292.	6 08	11 29	16 49	32,4	+15,0	7 42	12 22	16 54		
20. k 293.	6 09	11 28	16 47	32,1	+15,2	8 56	13 15	17 29		
21. sz 294.	6 11	11 28	16 45	31,7	+15,3	10 03	14 08	18 11		
22. cs 295.	6 12	11 28	16 43	31,4	+15,5	11 02	15 01	19 02		
23. p 296.	6 14	11 28	16 42	31,0	+15,7	11 50	15 53	19 59		
24. sz 297.	6 15	11 28	16 40	30,6	+15,8	12 29	16 43	21 02		
25. v 298.	6 17	11 28	16 38	30,3	+15,9	12 59	17 30	22 08		
44. hét										
26. h 299.	6 18	11 28	16 37	30,0	+16,0	13 24	18 15	23 13	● 1 41	
27. k 300.	6 20	11 27	16 35	29,6	+16,1	13 45	18 57	-		
28. sz 301.	6 21	11 27	16 33	29,3	+16,2	14 04	19 39	0 20		
29. cs 302.	6 23	11 27	16 32	29,0	+16,3	14 21	20 21	1 26		
30. p 303.	6 24	11 27	16 30	28,6	+16,4	14 38	21 03	2 33		
31. sz 304.	6 26	11 27	16 28	28,3	+16,4	14 57	21 48	3 42		

A nyári időszámítás alatt (dőlt betűvel szedve) a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát hozzá kell adni!

## október

nap	Julián dátum 12 <sup>h</sup> UT	$\theta_{gr}$ 0 <sup>h</sup> UT h m s	névnapok
1.	2 455 106	0 39 26	Malvin, Rómeó, Terézia
2.	2 455 107	0 43 22	Petra, Őrs, Tamás
3.	2 455 108	0 47 19	Helga, Ignác, Mária, Terézia
4.	2 455 109	0 51 15	Ferenc, Aranka, Hajnalka
5.	2 455 110	0 55 12	Aurél, Attila, Pálma
6.	2 455 111	0 59 09	Brúnó, Renáta, Csaba
7.	2 455 112	1 03 05	Amália, Mária, Márk
8.	2 455 113	1 07 02	Koppány, Bettina, Brigitta, Etelka, Gitta, János, Mária
9.	2 455 114	1 10 58	Dénes, Ábrahám, Ábris, Andor, Elemér, Sára
10.	2 455 115	1 14 55	Gedeon, Dániel, Ferenc, Lajos, Sámuel
11.	2 455 116	1 18 51	Brigitta, Andor, Sándor
12.	2 455 117	1 22 48	Miksa, Rezső
13.	2 455 118	1 26 44	Kálmán, Ede, Fatima, Fatime, Jakab
14.	2 455 119	1 30 41	Helén, Beatrix, Dominik, Domonkos, Livia
15.	2 455 120	1 34 38	Teréz, Aranka, Aurélia, Hedvig, Tekla, Terézia, Vilma
16.	2 455 121	1 38 34	Gál, Ambrus, Aranka, Aurélia, Gellért, Hedvig, Margit
17.	2 455 122	1 42 31	Hedvig, Alajos, Ignác, Margit, Rezső, Rudolf
18.	2 455 123	1 46 27	Lukács, Ambrus
19.	2 455 124	1 50 24	Nándor, Frida, Friderika, Laura, Pál, Péter
20.	2 455 125	1 54 20	Vendel, Cintia, Irén, Irina
21.	2 455 126	1 58 17	Orsolya, Klementina, Zsolt
22.	2 455 127	2 02 13	Előd, Korinna
23.	2 455 128	2 06 10	<b>Nemzeti ünnep;</b> Gyöngyi, Gyöngyvér, Ignác, János
24.	2 455 129	2 10 07	Salamon, Rafael, Ráhel
25.	2 455 130	2 14 03	Blanka, Bianka, János, Margit
26.	2 455 131	2 18 00	Dömötör, Amanda, Ametiszt, Armand
27.	2 455 132	2 21 56	Szabina
28.	2 455 133	2 25 53	Simon, Szimonetta, Alfréd
29.	2 455 134	2 29 49	Nárcisz, Melinda
30.	2 455 135	2 33 46	Alfonz, Fanni, Kolos, Stefánia
31.	2 455 136	2 37 42	Farkas, Kristóf

A nyári időszámítás vége 25-én 3<sup>h</sup> NYISZ-kor.



*A déli égbolt október 15-én 20:00-kor (KÖZEI)*

## Bolygók

**Merkúr:** 6-án van legnagyobb nyugati kitérésben,  $18^\circ$ -ra a Naptól. Ekkor egy és háromnegyed órával kel a Nap előtt, idei legjobb hajnali láthatóságát adva. Ezután megfigyelhetősége gyorsan romlik, a hónap végére eltűnik a Nap közelében.

**Vénusz:** Láthatósága tovább romlik, de még mindig elég magasán látszik a hajnali délkeleti égen. A hónap elején két és negyed, a végén egy és háromnegyed órával kel a Nap előtt. Fényessége  $-3^m,9$ , átmérője  $11''$ -ről  $10''$ -re csökken, fázisa 0,9-ről 0,95-re nő.

**Mars:** Előretartó mozgást végez az Ikrek, majd a Rák csillagképben. Éjfél előtt kel, az éjszaka második felében figyelhető meg. Fényessége fokozatosan nő a kezdeti  $0^m,7$ -ről  $0^m,4$ -ra, míg látszó átmérője  $6,8''$ -ről  $7,9''$ -re változik.

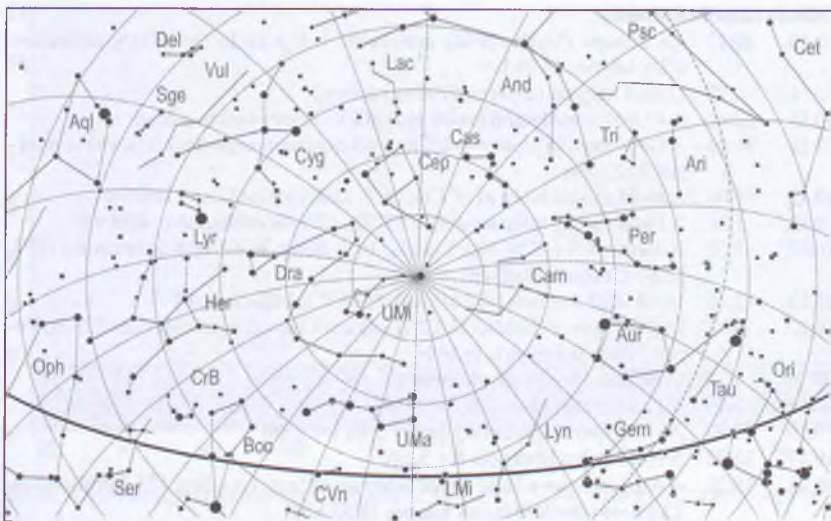
**Jupiter:** Kezdetben hátráló, majd 13-tól előretartó mozgást végez a Bak csillagképben. Éjfél után nyugszik, az éjszaka első felében feltűnően látszik a délnyugati égen. Fényessége  $-2^m,5$ , átmérője  $44''$ .

**Szaturnusz:** Előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. A hónap közepén két órával kel a Nap előtt, a hajnali égen látható. Fényessége  $1^m,0$ , átmérője  $16''$ .

**Uránusz:** Az éjszaka nagy részében látható a Halak, majd 14-től ismét a Vízöntő csillagképben. Kora hajnalban nyugszik.

**Neptunusz:** Az éjszaka első felében figyelhető meg a Bak csillagképben. Éjfél után nyugszik.





*Az északi égbolt október 15-én 20:00-kor (KÖZEI)*

## Eseménynaptár

### Dátum Időpont Esemény

10.02.	20:21	A 97,8%-os növekvő fázisú Holdtól 4°22'-cel délkeletre az Uránusz
10.03.	1:06	A Hold mögé belép a 15 Psc (6 <sup>m</sup> 5, 98,3%-os növekvő holdfázis)
10.03.	1:20	A Hold súrolva elfedi a 15 Psc-ot a déli pereme mentén (6 <sup>m</sup> 5, 98,3%-os növekvő holdfázis)
10.03.	20:20	Az Europa (Jupiter-hold) árnyékába belép az Io (fényességcsökkenés: 1 <sup>m</sup> 4), kilépés 20:25-kor
10.04.	6:11	Telehold (a Pisces csillagképben)
10.04.	19:56	A (16) Psyche kisbolygó (10 <sup>m</sup> 5) 3,3'-re az $\nu$ Cap-tól
10.04.	22:16	A Hold nyugati librációja ( $l = -4,73$ )
10.05.	10:53	Hold déli librációja ( $b = -6,54$ )
10.05.	15:58	A Merkúr dichotómiája (50,0% fázis, 17,9° elong.)
10.06.	1:31	A Merkúr legnagyobb nyugati elongációja: 17,9° (-0 <sup>m</sup> 5, 7,0", 52% fázis, Virgo csillagkép)
10.06.	3:39	A Titan árnyéka levonul a Szaturnusz korongjáról
10.06.	18:07	A Hold mögül kilép a $\mu$ Ari (5 <sup>m</sup> 7, 92,9%-os csökkenő holdfázis)
10.06.	20:54	A Callisto (Jupiter-hold) fogyatkozásának vége
10.06.	21:35	Io (Jupiter-hold) fogyatkozásának vége
10.07.	3:07	A Hold mögül kilép az $\epsilon$ Ari (4 <sup>m</sup> 7 kettőscsillag, 90,6%-os csökkenő holdfázis)
10.07.	21:06	A 85,3%-os csökkenő fázisú Hold 0,5 fokra az M45-től (Fiastyúk)
10.07.	22:15	A Hold mögül kilép a 26 Tau (Fiastyúk halmaztag, 6 <sup>m</sup> 5, 85,0%-os csökkenő holdfázis)
10.09.	3:32	A Hold eléri legnagyobb deklinációját (+25,6°)

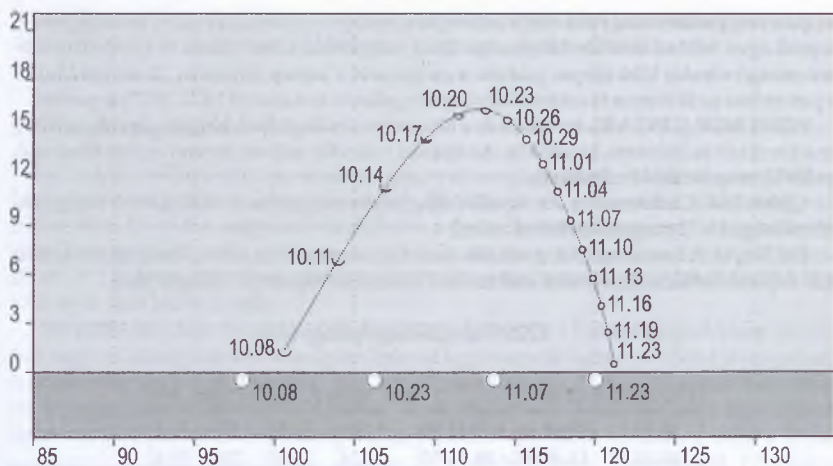
**Dátum Időpont Esemény**

10.10.	22:43	Az Europa (Jupiter-hold) árnyékába belép az Io (fényességcsökkenés: 0 <sup>m</sup> 7), kilépés 22:49-kor
10.11.	8:57	Utolsó negyed (a Gemini csillagképben)
10.11.	23:41	A 43,0%-os csökkenő fázisú Holdtól 1° 33'-re északra a Mars
10.12.	16:44	A Ganymedes (Jupiter-hold) fogyatkozásának kezdete, kilépés az árnyék-ból 20:22-kor
10.13.	1:08	A Hold mögül kilép az o <sup>2</sup> Cnc (5 <sup>m</sup> 7, 31,3%-os csökkenő holdfázis)
10.13.	1:21	A Hold mögül kilép az o <sup>1</sup> Cnc (5 <sup>m</sup> 2, 31,2%-os csökkenő holdfázis)
10.13.	3:52	A Vénusztól (−3 <sup>m</sup> 9, 92,6% fázis, 10,9" átm.) 36'41"-re a Szaturnusz (1 <sup>m</sup> 1, 16,3", Cancer csillagkép)
10.13.	12:16	Hold földközelpont (369 032 km, 1942,9", 26,4%-os fázis)
10.17.	4:34	23 óra 59 perces holdsarló 3,2° magasan a hajnali égen (Merkúr 7,2°-ra, Vénusz és Szaturnusz távolabb)
10.18.	5:33	Újhold (a Virgo csillagképben)
10.18.	6:49	A Hold északi librációja (b= 6,57)
10.19.	0:40	A Hold maximális librációja (l= 5,43, b= 6,46)
10.19.	23:02	A Hold keleti librációja (l= 5,58)
10.21.	15:31	A nappali égen a Hold mögé belép az Antares (= α Sco, 1 <sup>m</sup> 1, kettőscsillag, 12,6%-os növekvő fázis), kilépés 16:33-kor
10.22.	1:30	A Mars (0 <sup>m</sup> 6, 7,4") 3'54"-re megközelíti a HIP 40866-ot (5 <sup>m</sup> 9)
10.22.	4:06	A (19) Fortuna kisbolygó (10 <sup>m</sup> 6) 14,2'-re az M1 szupernóva-maradványtól (8 <sup>m</sup> 4)
10.22.	13:48	A Hold eléri legkisebb deklinációját (−26,8°)
10.25.	17:26	A 47,1%-os növekvő fázisú Hold megközelíti az M75 nyílthalmazt
10.25.	23:18	A Hold földtávolban (404 207 km, 1773,8", 49,4%-os fázis)
10.26.	0:41	Első negyed (a Capricornus csillagképben)
10.27.	18:43	A 66,3%-os növekvő fázisú Holdtól 2° 13'-re délkeletre a Neptunusz
10.30.	4:27	A Titan (Szaturnusz-hold) fogyatkozásának vége
10.30.	16:26	A Hold mögé belép a 22 Psc (5 <sup>m</sup> 6, 89,2%-os növekvő holdfázis)
10.30.	16:27	A Hold sűrűlve elfedi a 22 Psc-ot a déli pereme mentén (5 <sup>m</sup> 6, 89,2%-os növekvő holdfázis)
10.30.	16:52	Két Jupiter-hold (Io és Ganymedes) árnyéka látszik a bolygó korongján, jelenség vége 18:32-kor
10.30.	21:45	A Mars elhalad az M44 (Praesepe) nyílthalmaz előtt (10.30–11.02.)
10.31.	21:28	A Hold nyugati librációja (l= −5,13)

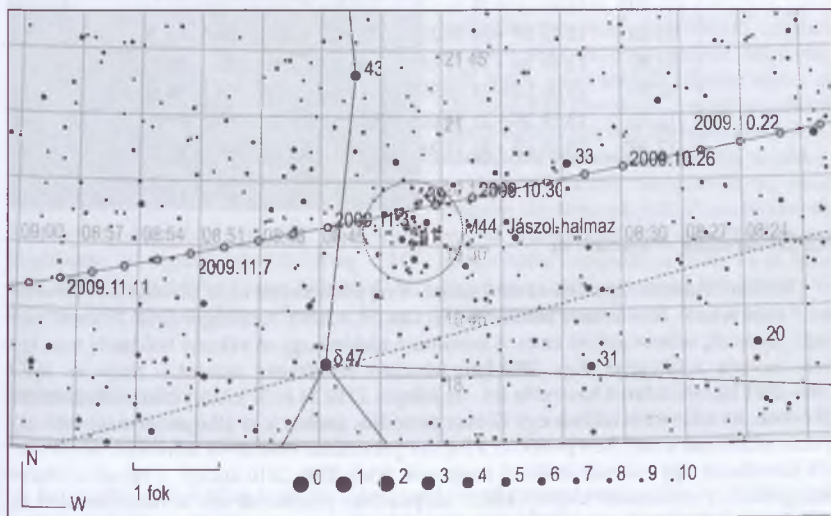
**Kisbolygók**

(18) **Melpomene**. Szinte ugyanazon a napon kerül szembenállásba és napközelpontba ( $q=1,793$  CsE), így 7,9 magnitúdós fényességgel ragyog a Cet csillagképben. A dél felé mozgó kisbolygó 5-én hajnalban 12 ípperccel nyugatra látható az NGC 615 galaxistól.

(89) **Julia**. Nagy pályahajlásának ( $i=16$  fok) köszönhetően szokatlan helyen, az Andromeda és a Pegasus csillagképekben figyelhetjük meg. Október 2-án 30 ípperccel északra mutatkozik az NGC 112 galaxistól, a hónap végén pedig 2 fokkal északra látható az Alpheratztól (α And).



10.06. A Merkúr legnagyobb nyugati elongációja:  $17,9^\circ$  ( $-0^m5$ ,  $7,0''$ , 52% fázis, Virgo csillagkép)



10.30. A Mars elhalad az M44 (Praesepe) nyílthalmaz előtt (10.30–11.02.)

## Üstökösök

**C/2007 Q3 (Siding Spring).** A földközeli kisbolygókat kereső Siding Spring Survey ke-  
retében fedezték fel 2007. augusztus 25-én. Ekkor még 7,6 CSE távolságban járt a Naptól,



de két évvel perihéliuma előtt. Napközelségét e hónap 7-én éri el 2,251 CSE távolságban. A hajnali égen feltűnő üstökös fényessége 10-11 magnitúdó körül alakul. A Leo csillagképben mozgó vándor több fényes galaxist is megközelít a hónap folyamán, 28-án például 15 ívpercre lesz az öt fényes és számos halványabb galaxist tartalmazó NGC 3817 csoporttól.

**P/2001 MD7 (LINEAR).** Az Orion és a Monoceros csillagképek határán figyelhető meg ez a távolodó és halványuló üstökös. Az éjszaka második felében látható égitest fényessége 11-12 magnitúdó körül alakul.

**C/2006 W3 (Christensen).** Az Aquila csillagképben végzi lassú, déli irányú mozgását. Fényessége 11-12 magnitúdó körül alakul.

**22P/Kopff.** A Lassan eltűnik a vizuális észlelők szeme elől ez a 11-13 magnitúdó között halványodó üstökös. Az éjszaka első felében látható az Aquarius csillagképben.

### C/2007 Q3 (Siding Spring)

Dátum	RA (h m s)	D (° ' ")	R (CSE)	r (CSE)	E (°)	m <sub>v</sub> (m)
10.01.	10 48 46	+07 11 38	3,099	2,253	27	10,5
10.11.	11 08 00	+08 14 10	3,024	2,252	33	10,4
10.21.	11 27 21	+09 24 12	2,940	2,257	39	10,4
10.31.	11 46 48	+10 44 49	2,850	2,268	46	10,3
11.10.	12 06 21	+12 19 07	2,755	2,285	52	10,3
11.20.	12 25 59	+14 10 21	2,658	2,307	59	10,3
11.30.	12 45 38	+16 21 41	2,562	2,334	66	10,2
12.10.	13 05 14	+18 55 39	2,470	2,366	72	10,2
12.20.	13 24 38	+21 54 07	2,385	2,403	79	10,2
12.30.	13 43 42	+25 17 24	2,312	2,445	86	10,2

## Az Orionidák meteorraj

Október végének nagy raja ez az áramlat. A raj jelentkezési ideje október 2 és november 7 közé tehető. Maximuma október 21-én van (SL=208°). Az átlagos ZHR 23 körül várható. Gyorsak, sebességük 66 km/s. A maximum idején nagyon vékony holdsarló van, így nem zavarja a látványt. Egy 2003-ban készített tanulmány szerint – mely az IMO 1984–2001 közötti adatait használta fel – az átlagos ZHR 14 és 31 között változott az elmúlt 20 évben. Az adatokból kitűnik egy 12 éves periódus, amikor is az átlagosnál magasabb aktivitás jellemezte a rajt. Ez a periódus a Jupiter perturbáló hatásának következménye. Eből következik egy valószínűsíthető magasabb érték 2008–2010 között. A rajnál többször feljegyeztek a maximum idejétől eltérő időpontban jelentkező ún. almaximumokat is. 1993-ban és 1998-ban Európából olyan erős mellékmaximumot figyeltek meg, amely a rendszer maximum nagyságával vetekedett. Ezek időpontja október 17/18-ára esett. Idén nagyon kedvező lesz a holdfázis, így eséllyel lehet pályázní egy sikeres megfigyelési sorozatra. Több észlelő is alradiánsok sokaságát jelezte a korábbi években, de ezeket a vi-deós és fotografikus megfigyelések nem erősítették meg.

A raj eredete az 1P/Halley-üstököshöz köthető. Tavasz pára a május elejei Éta Aquaridák, ugyanis a raj két helyen metszi a Föld pályáját. 1839-ben fedezte fel E. C. Herrick. 1911-ben Olivier vetette fel egy tanulmányában az Éta Aquaridák és az Orionidák



közötti kapcsolatot. A legjobban tanulmányozott áramlatok közé tartozik. Népszerűsége a szülőüstökösének és viszonylag látványos megjelenésének tudható be.

## A Sculptor-galaxis

A Sculptor csillagkép nem mondható könnyen megfigyelhető alakzatnak, de fantasztikus galaxisa megérdemli, hogy felkeressük. Október elején van szembenállásban, így éjfélkor delel 15–18 fok magasan a Sculptor és a Cetus határán. Tiszta eget kifogva (összel nem is olyan ritkák ezek) már 5 cm-es távcső fél fok hosszú fénycsíknak mutatja (mérete 26'x6'). 7,1 magnitúdós fényessége sejteti szabadszemes láthatóságát – déli észlelők a legjobb égek alatt látták is már.

9,8 millió fényéves távolsága azt jelenti, hogy már nem a Lokális csoport része (de ahhoz nagyon közeli), hanem a Sculptor-halmaz legfényesebb égitestje. Több fényes galaxis tartozik még ide, például az NGC 247, 300, 55, melyek mind 10 magnitúdónál fényesebb, tíz ívpercet meghaladó méretű spirálok. Ezek sajnos csak a déli égboltról látványosak (ígaz, mind felkereshető hazánkból is). Az NGC 253 nagyjából feleakkora, mint a Tejút-



A Sculptor-galaxist Éder Iván 2007 októberében fényképezte le Ágasváról 130/780-as TMB apokromáttal és átalakított Canon EOS 350D kamerával, 23x5 perc expozíciós idővel.

rendszer, típusa küllős spirál. Fényképeken ebből nem sok látszik, annál feltűnőbbek a felületét elborító fényes csomók és porsávok. Mindez a relatíve gyors csillagkeletkezésnek köszönhető, ugyanis az NGC 253 csillagontó galaxis. Hihetetlenül rögzös megjelenését tükrözi vissza az „Ezüstdollár” elnevezés, a majdnem eléről látszó égitest egy régi amerikai érmére hasonlít. Két markáns spirálkarja a csillagontó magvidékből kanyarodik ki, ezek nagyon látványosak már 10 cm-es távcsővel is. Bár alacsonyan figyelhető meg, mégis hálás fotografikus téma: ha jó égen fényképezhetjük, könnyen láthatóvá válik érdekes szerkezete.

## Évforduló

### Húsz éve startolt a Galileo-űrszonda

Az óriásbolygók és főleg holdjaik a Voyagerek megfigyelései alapján annyira érdekesnek mutatkoztak, hogy részletesebb vizsgálatuk is felmerült. Utóbbi program húsz évvel ezelőtt ért be: 1989. október 18-án indult a Galileo-szonda a Jupiter rendszerének vizsgálatára.

Az űreszköz 1989. október 18-án startolt, majd egyszer a Vénusz, kétszer pedig a Föld mellett haladt el, hintamanőverekkel gyorsítva mozgását. Útközben, 1992. december 8-án megközelítette a Gaspri kisbolygót, a történelemben elsőként megfigyelve közelről egy aszteroidát, majd 1993. augusztus 28-án az Ida kisbolygó mellett haladt el, elsőként lefotózva közelről egy kisbolygó körül keringő holdat. Az óriásbolygó felé vezető úton a Shoemaker–Levy 9-üstökös darabjainak a Jupiterbe becsapódásait rögzítette, majd 2005.

december 7-én légköri egysége lépett be a bolygó atmoszférájába, vizsgálva annak összetételét.

Ez volt az első szonda, amelyik tartósan keringett egy erős mágneses térrel bíró bolygó körül (a Földet kivéve). Beszorult parabolaantennája ellenére temérdek adatot közvetített a Földre, programját három alkalommal hosszabbították meg, elsősorban az Europa hold vizsgálata céljából. Végül 2003. szeptember 21-én, 14 évnyi üzemelés után a Jupiter légkörébe irányították, ahol megsemmisült.



Fantáziakép a szondáról a Jupiter közelében

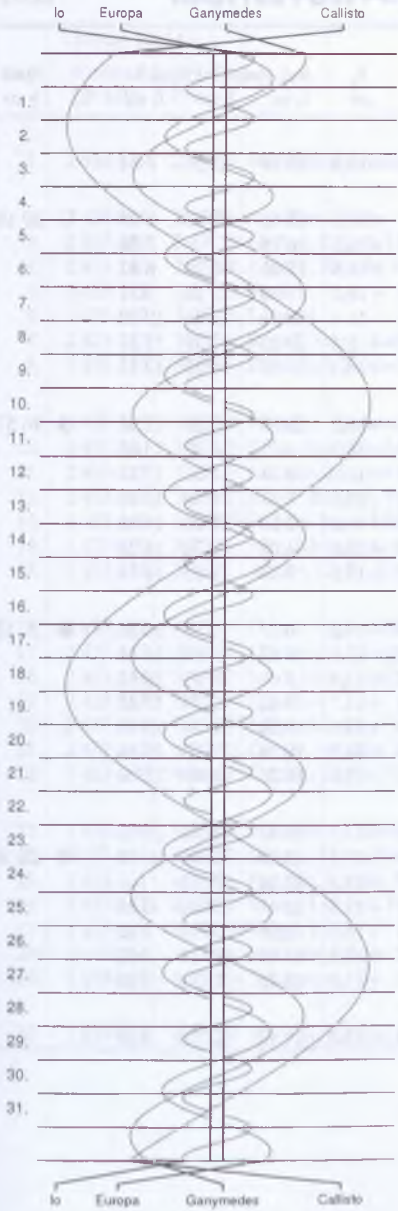
## Jupiter

d	UT h:m	hold	j	d	UT h:m	hold	j
1	18: 8.2	E	áv		20:48.8	I	áv
	18:32.4	G	ek	15	17:59.4	I	fv
	22: 9.8	G	ev		18: 4.6	E	ek
	22:48.8	G	ák		20:28.7	E	ák
4	23:43.1	I	mk		20:55.2	E	ev
5	21: 0.2	I	ek	17	18:22.6	E	fv
	22: 6.6	I	ák	19	19:19.0	G	mv
	23:18.0	I	ev		20:45.6	G	fk
6	18:10.4	I	mk	20	21:52.2	I	mk
	20:54.1	C	fv	21	19:11.3	I	ek
	21:12.1	E	mk		20:27.2	I	ák
	21:35.3	I	fv		21:28.8	I	ev
7	17:45.7	I	ev		22:44.5	I	áv
	18:53.2	I	áv	22	16:20.3	I	mk
8	17:52.8	E	ák		19:54.7	I	fv
	18:28.5	E	ev		20:33.8	E	ek
	20:43.9	E	áv		22:23.5	C	mk
	22:11.4	G	ek	23	17:13.3	I	áv
12	16:43.5	G	fk	24	21: 0.7	E	fv
	20:21.5	G	fv	26	19:30.5	G	mk
	22:51.1	I	ek	28	21: 4.8	I	ek
13	20: 0.7	I	mk		22:23.0	I	ák
14	17:19.0	I	ek	29	18:13.3	I	mk
	17:26.2	C	ev		21:50.1	I	fv
	18:31.4	I	ák	30	16:51.9	I	ák
	19:36.6	I	ev		17:50.7	I	ev

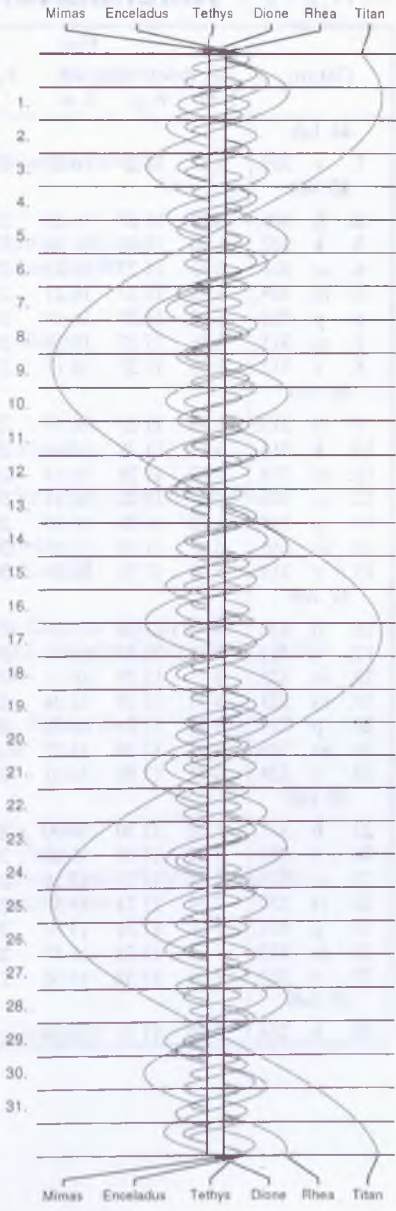
## Szaturnusz

d	UT h:m	hold	j
2	3:52.0	Te	mv
6	3:39.1	Ti	áv
	4:19.8	Ti	ev
7	3:35.1	Rh	ev
11	4:10.4	Di	fk
16	4: 8.5	Rh	áv
17	3:17.6	Te	fk
18	3:40.3	Di	áv
	4: 1.6	Di	ev
19	3:49.2	Te	mv
22	2:41.9	Ti	áv
	2:58.3	Di	fk
29	2:27.5	Di	áv
	2:55.3	Di	ev
30	4:27.0	Ti	fv

Jupiter-holdak



Szaturnusz-holdak



$\lambda = 19^\circ$ ,  $\varphi = 47,5^\circ$  **Kalendárium – november**

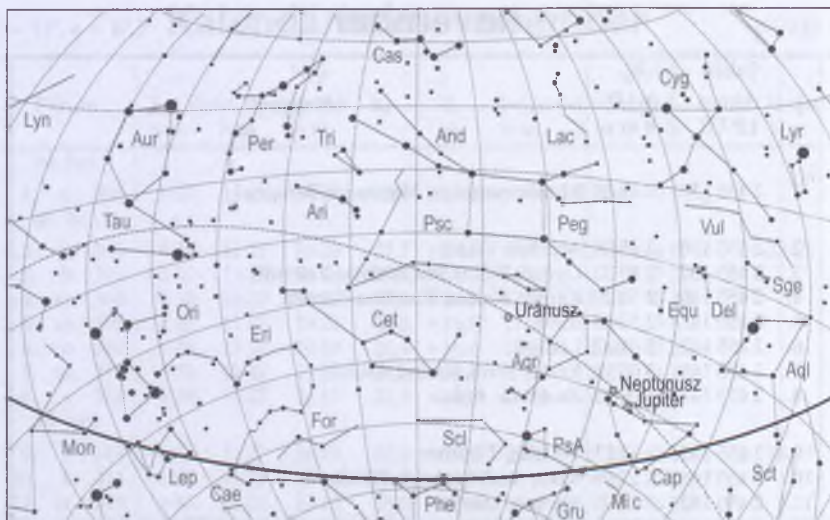
KÖZEI

Dátum	Nap					Hold			fázis
	kel. h m	delel. h m	nyugszik h m	$h_d$ °	$E_t$ m	kel. h m	delel. h m	nyugszik h m	
44. hét									
1. v 305.	6 27	11 27	16 27	28,0	+16,4	15 19	22 36	4 54	
45. hét									
2. h 306.	6 29	11 27	16 25	27,7	+16,5	15 45	23 28	6 09	○ 20 15
3. k 307.	6 30	11 27	16 24	27,4	+16,5	16 18	-	7 26	
4. sz 308.	6 32	11 27	16 22	27,1	+16,5	17 01	0 24	8 42	
5. cs 309.	6 33	11 27	16 21	26,8	+16,5	17 58	1 24	9 51	
6. p 310.	6 35	11 27	16 19	26,4	+16,4	19 06	2 26	10 50	
7. sz 311.	6 36	11 27	16 18	26,1	+16,4	20 23	3 27	11 37	
8. v 312.	6 38	11 27	16 17	25,9	+16,3	21 43	4 25	12 13	
46. hét									
9. h 313.	6 39	11 27	16 15	25,6	+16,2	23 03	5 20	12 41	● 16 57
10. k 314.	6 41	11 28	16 14	25,3	+16,2	-	6 12	13 05	
11. sz 315.	6 42	11 28	16 13	25,0	+16,0	0 21	7 01	13 26	
12. cs 316.	6 44	11 28	16 11	24,8	+15,9	1 37	7 48	13 45	
13. p 317.	6 45	11 28	16 10	24,5	+15,8	2 53	8 36	14 06	
14. sz 318.	6 47	11 28	16 09	24,2	+15,6	4 08	9 24	14 28	
15. v 319.	6 48	11 28	16 08	24,0	+15,5	5 23	10 13	14 54	
47. hét									
16. h 320.	6 50	11 28	16 07	23,7	+15,3	6 37	11 05	15 26	● 20 13
17. k 321.	6 51	11 29	16 06	23,5	+15,1	7 47	11 58	16 05	
18. sz 322.	6 53	11 29	16 05	23,2	+14,9	8 49	12 51	16 52	
19. cs 323.	6 54	11 29	16 04	23,0	+14,7	9 42	13 44	17 48	
20. p 324.	6 55	11 29	16 03	22,8	+14,5	10 24	14 34	18 49	
21. sz 325.	6 57	11 29	16 02	22,6	+14,2	10 58	15 23	19 54	
22. v 326.	6 58	11 30	16 01	22,3	+14,0	11 25	16 08	21 00	
48. hét									
23. h 327.	7 00	11 30	16 00	22,1	+13,7	11 47	16 51	22 05	
24. k 328.	7 01	11 30	15 59	21,9	+13,4	12 07	17 33	23 10	● 22 38
25. sz 329.	7 02	11 31	15 59	21,7	+13,1	12 24	18 14	-	
26. cs 330.	7 04	11 31	15 58	21,5	+12,8	12 41	18 56	0 16	
27. p 331.	7 05	11 31	15 57	21,4	+12,5	12 59	19 38	1 22	
28. sz 332.	7 06	11 32	15 57	21,2	+12,2	13 19	20 24	2 32	
29. v 333.	7 08	11 32	15 56	21,0	+11,8	13 43	21 14	3 44	
49. hét									
30. h 334.	7 09	11 32	15 56	20,8	+11,5	14 12	22 08	5 00	



# november

nap	Julián dátum 12 <sup>h</sup> UT	$\Delta_{gr}$ 0 <sup>h</sup> UT h m s	névnapok
1.	2 455 137	2 41 39	Mindenszentek; Marianna, Benigna
2.	2 455 138	2 45 36	Achilles, Viktor
3.	2 455 139	2 49 32	Győző, Bálint, Ida, Szilvia, Valentin
4.	2 455 140	2 53 29	Károly, Karola, Karolina, Sarolta
5.	2 455 141	2 57 25	Imre
6.	2 455 142	3 01 22	Lénárd
7.	2 455 143	3 05 18	Rezső, Ernő, Karina, Rudolf
8.	2 455 144	3 09 15	Zsombor, Kolos
9.	2 455 145	3 13 11	Tivadar, Tihamér
10.	2 455 146	3 17 08	Réka, András, Ariel, Tünde
11.	2 455 147	3 21 05	Márton, Martin
12.	2 455 148	3 25 01	Jónás, Renátó, Emil, Krisztián, Levente, Tihamér
13.	2 455 149	3 28 58	Szilvia, Jenő, Miklós
14.	2 455 150	3 32 54	Aliz, Klementina, Vanda
15.	2 455 151	3 36 51	Albert, Lipót, Dezső, Richárd
16.	2 455 152	3 40 47	Ödön, Ágnes, Alfréd, Gertrúd, Margit, Péter
17.	2 455 153	3 44 44	Hortenzia, Gergő, Ede, Gergely, György, Hilda, Ildikó
18.	2 455 154	3 48 40	Jenő, Jolán, Ottó, Péter
19.	2 455 155	3 52 37	Erzsébet
20.	2 455 156	3 56 34	Jolán, Amália, Ödön, Zoltán, Zsolt
21.	2 455 157	4 00 30	Olivér, Amália, Mária
22.	2 455 158	4 04 27	Cecília, Csilla, Mária
23.	2 455 159	4 08 23	Kelemen, Klementina, Dániel
24.	2 455 160	4 12 20	Emma, Flóra, János, Virág
25.	2 455 161	4 16 16	Katalin, Karina, Katarina, Katica, Katinka, Kitty, Liza
26.	2 455 162	4 20 13	Virág, Lénárd, Péter, Szilveszter
27.	2 455 163	4 24 09	Virgil, Jakab
28.	2 455 164	4 28 06	Stefánia, Jakab
29.	2 455 165	4 32 03	Taksony
30.	2 455 166	4 35 59	András, Andor, Amália, Endre



A déli égbolt november 15-én 20:00-kor (KÖZEI)

## Bolygók

**Merkúr:** A hónap folyamán helyzete megfigyelésre nem kedvező, 5-én felső együttállásban van a Nappal. A hónap végén fél órával nyugszik a Nap után, de az ekliptika alacsony hajlásszöge miatt elvész az alkonyi szürkületben.

**Vénusz:** Fényesen mutatkozik a reggeli délkeleti égen. Láthatósága gyorsan romlik. A hónap elején még egy és háromnegyed, a végén már csak háromnegyed órával kel a Nap előtt. Fényessége  $-3^m9$ , átmérője  $10''$ , fázisa  $0,96$ -ról  $0,98$ -ra nő.

**Mars:** Lassuló előretartó mozgást végez a Rák csillagképben. Késő este kel, az éjszaka nagy részében megfigyelhető mint feltűnő, vöröses színű égitest. A kezdeti  $0^m4$ -ről  $0^m0$ -ra fényesedik, átmérője is gyorsan nő,  $7,9''$ -ről  $9,8''$ -re.

**Jupiter:** Előretartó mozgást végez a Bak csillagképben. Feltűnően látható az esti ég alján. Éjfél előtt nyugszik. Fényessége  $-2^m3$ , átmérője  $39''$ .

**Szaturnusz:** Előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. Kora hajnalban kel, a hajnali keleti égen látható. Fényessége  $1^m0$ , átmérője  $16''$ .

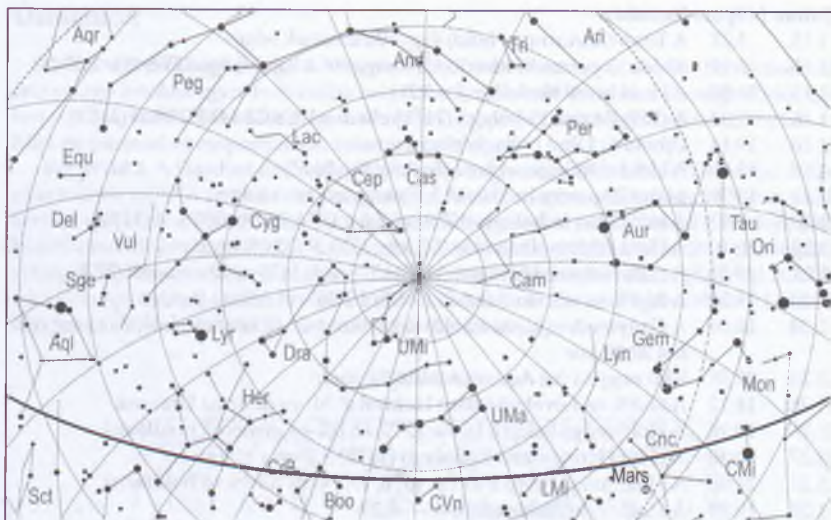
**Uránusz:** Az esti órákban kereshető a Vízöntő csillagképben. Éjfél körül nyugszik.

**November:** Az esti órákban figyelhető meg a Bak csillagképben. Éjfél előtt nyugszik. Mozgása 4-én vált hátrálóból előretartóra.

## Eseménynaptár

### Dátum Időpont Esemény

- |        |       |  |
|--------|-------|--|
| 11.01. | 7:22  | A Hold maximális librációja ( $l = -5,10$ , $b = -6,53$ )          |
| 11.01. | 14:46 | A Hold déli librációja ( $b = -6,55$ )                             |
| 11.01. | 20:06 | A Hold mögé belép a 101 Psc ( $6^m2$ , 98,7%-os növekvő holdfázis) |



*Az északi égbolt november 15-én 20:00-kor (KÖZEI)*

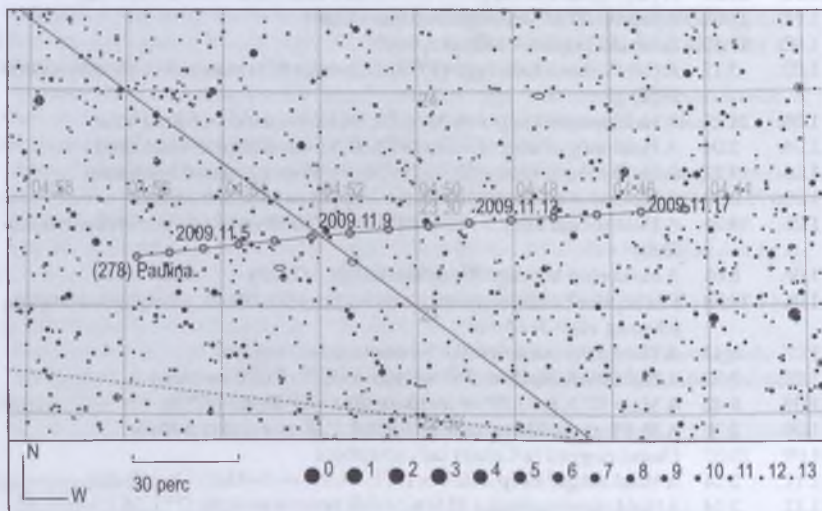
#### Dátum Időpont Esemény

11.01.	20:50	A (47) Aglaja kisbolygó (11 <sup>m</sup> 8) elfedi a UCAC2 39964620-at (11 <sup>m</sup> 2)
11.01.	21:01	A Jupiter 20'33"-re megközelíti a Cap-t
11.02.	19:15	Telehold (az Aries csillagképben)
11.03.	3:17	A (19) Fortuna kisbolygó (10 <sup>m</sup> 3) 19,2'-re az M1 szupernóva-maradványtól (8 <sup>m</sup> 4)
11.03.	21:25	A Hold mögül kilép a 66 Ari (6 <sup>m</sup> 2, 98,4%-os csökkenő holdfázis)
11.04.	2:04	A Hold mögül kilép a 9 Tau (6 <sup>m</sup> 2, 97,8%-os csökkenő holdfázis)
11.04.	18:27	A Hold mögül kilép a 62 Tau (6 <sup>m</sup> 4, 95,0%-os csökkenő holdfázis)
11.05.	9:27	A Merkúr felső együttállásban a Nappal (a Naptól 0,2 fokra)
11.05.	19:36	A Hold mögül kilép a 118 Tau (5 <sup>m</sup> 8 kettőscsillag, 88,7%-os csökkenő holdfázis)
11.06.	0:01	A Hold eléri legnagyobb deklinációját (+25,4°)
11.06.	18:58	Két Jupiter-hold (Ganymedes és Io) árnyéka látszik a bolygó korongján, jelenség vége 21:05-kor
11.07.	1:42	A Titan árnyéka levonul a Szaturnusz korongjáról
11.07.	7:35	A Hold földközeli (368 869 km, 1943,7", 75,7%-os fázis)
11.09.	0:42	A Mars (0 <sup>m</sup> 3, 8,4") 30"-re megközelíti a HIP 43642-t (7 <sup>m</sup> 8)
11.09.	2:30	A 56,4%-os csökkenő fázisú Holdtól 3°38'-re északra a Mars
11.09.	15:57	Utolsó negyed (a Cancer csillagképben)
11.11.	2:14	A Hold mögül kilép a 32 Sex (7 <sup>m</sup> 1, 34,1%-os csökkenő holdfázis)
11.11.	2:14	A Hold sülölvá elfedi a 32 Sex-t a déli pereme mentén (7 <sup>m</sup> 1, 34,1%-os holdfázis)
11.12.	19:21	A (756) Lilliana kisbolygó (15 <sup>m</sup> 0) elfedi a TYC 0081-01835-1-et (11 <sup>m</sup> 7)
11.14.	2:22	A (278) Paulina kisbolygó (13 <sup>m</sup> 9) elfedi a HIP 22446-ot (8 <sup>m</sup> 6)
11.14.	10:31	A Hold északi librációja (b= 6,63)



## Dátum Időpont Esemény

11.15.	3:27	A Titan (Szaturnusz-hold) fogyatkozásának vége
11.15.	5:19	37 óra 55 perces holdsarló 6,3° magasan a hajnali égen (Vénusz 8,1°-ra)
11.15.	21:37	A Hold keleti librációja ( $l = 5,21$ )
11.16.	2:04	A (285) Regina kisbolygó ( $14^m8$ ) elfedi a UCAC2 44249318-at ( $11^m1$ )
11.16.	19:14	Újhold (a Libra csillagképben)
11.18.	12:45	A Hold eléri legkisebb deklinációját ( $-26,6^\circ$ )
11.18.	15:39	44 óra 25 perces holdsarló 1,1° magasan az esti égen
11.20.	1:02	A (405) Thia kisbolygó ( $12^m9$ ) elfedi a UCAC2 38949778-at ( $11^m7$ )
11.22.	20:10	A Hold földtávolban (404 771 km, $1771,3''$ , 31,0%-os fázis)
11.23.	17:53	A (128) Nemesis kisbolygó ( $11^m3$ ) $15,0'$ -re az M35 nyílthalmaztól ( $5^m3$ )
11.23.	19:54	A 39,9%-os növekvő fázisú Holdtól $2^\circ56'$ -cel délre a Jupiter
11.24.	16:54	A Ganymedes (Jupiter-hold) fogyatkozásának kezdete, kilépés az árnyékból 20:31-kor
11.24.	21:38	Első negyed (az Aquarius csillagképben)
11.26.	16:12	A 66,8%-os növekvő fázisú Holdtól $4^\circ51'$ -re délre az Uránusz
11.26.	19:10	A Hold mögé belép a 16 Psc ( $5^m7$ , 68,0%-os növekvő holdfázis)
11.27.	0:30	A (346) Hermentaria kisbolygó ( $10^m5$ ) $3,2'$ -re a 81 Tau-tól
11.27.	21:00	A Hold mögé belép a 45 Psc ( $6^m8$ , 77,7%-os növekvő holdfázis)
11.28.	15:34	A Hold nyugati librációja ( $l = -6,20$ )
11.28.	18:10	A Hold maximális librációja ( $l = -6,20$ , $b = -6,67$ )
11.28.	20:56	A Hold déli librációja ( $b = -6,68$ )
11.30.	18:15	A Hold mögé belép az $\epsilon$ Ari ( $4^m7$ kettőscsillag, 96,7%-os növekvő holdfázis)



11.14. 2:22 A (278) Paulina kisbolygó ( $13^m9$ ) elfedi a HIP 22446-ot ( $8^m6$ )



## Üstökösök

**C/2007 Q3 (Siding Spring).** A Virgo, majd a Coma Berenices csillagképben északkelet felé mozgó üstökös egyre kedvezőbb helyzetbe kerül a hajnali égen. A 10 magnitúdós égitest a hónap második felében számos fényes galaxissal kerül együttállásba, köztük az M84–86 párossal és csoportjukkal, valamint az M88-cal.

**81P/Wild 2.** A Stardust űrszonda által is meglátogatott üstököst Paul Wild svájci csillagász fedezte fel 1978. január 6-án. A számítások később megmutatták, hogy 1974-ben rendkívüli mértékben megközelítette a Jupitert. Az Europa és Ganymedes nevű holdak pályája között elhaladva keringési ideje 40,2 évről 6,2 évre csökkent. Felfedezése óta egyik napközelségét sem tévesztették szem elől, és hazánkból is többször sikerült megfigyelni. A 2010. februári napközelsége felé tartó égitest ebben a hónapban a hajnali égen látható a Leo csillagképben, fényessége 11–12 magnitúdó körül várható.

### 81P/Wild 2

Dátum	RA (h m s)	D (° ' ")	R (CSE)	r (CSE)	E (°)	m <sub>v</sub> (m)
11.01.	09 55 09	+11 37 09	2,006	1,938	72	11,8
11.11.	10 17 12	+09 47 42	1,865	1,888	76	11,5
11.21.	10 39 22	+07 52 37	1,729	1,840	80	11,2
12.01.	11 01 37	+05 53 46	1,598	1,796	85	10,8
12.11.	11 23 54	+03 53 15	1,474	1,754	89	10,5
12.21.	11 46 09	+01 53 49	1,356	1,717	93	10,2
12.31.	12 08 11	-00 01 26	1,246	1,684	97	9,9

## Galaxis a Cetusban

Novemberben az őszi ég legszebb, éléről látszó, porsávós galaxisát ajánljuk megfigyelésre. A 80 millió fényévre lévő NGC 1055 a Ceti csillagképben, a  $\gamma$  Ceti tőszomszédságában látható. Alig fél fokra van az M77-től, így a két égitest felkeresése semmilyen problémát nem jelenthet. Nem kimondottan fényes, kb. 10–11<sup>m</sup>-s lehet, fotografikus fényessége 11<sup>m</sup>4. 10 cm-es távcsővel már megpillanthatjuk, igen sötét égen talán kisebbel is. A tömzsi, masszív magvidékkel bíró galaxis egy „repülő csészealjra” hasonlít, melyet a tengelyén végighúzódnó erős porsáv tesz jellegzetessé. Nagyobb (jellemzően 25 cm feletti) műszerekkel már ezt is megláthatjuk, lefotózni kisebbel is könnyű. A fényes M 77 közelsége miatt ugyanis ez a terület is kiváló fotografikus téma.



Az NGC 1055 GX Cet Éder Iván 2007. októberi képének részletén. Műszerei: 300/1200 Newton, átalakított Canon EOS 350D kamera, 44x5 perc expozíció.

Ha már itt vagyunk, az NGC 1055-től bő egy fokkal észak-északkeletre találjuk a 11<sup>m</sup>5<sup>m</sup>-s NGC 1073-at, mely fotografikusan igen látványos, 4 ívperces, lapjával felénk forduló küllős spirál. Markáns spirálkarjai miatt látványos felvételek készíthetők róla.

## Galileót minden autóba!

Hamarosan talán ezzel a felszólítással próbálnak meggyőzni minket a reklámok arról, hogy mennyivel gyorsabban juthatunk el autónkkal egyik pontból a másikba, ha az új, európai Galileo műholdas helymeghatározó (navigációs) rendszer GPS-vevőjét használjuk. A Galileo műholdrendszere a ma már polgári alkalmazásokban (pl. észlelőhely meghatározásában) is elterjedt amerikai NavStar GPS független európai megfelelője. A tervek szerint 30 műholdból álló rendszernek 2013-ban kell elérnie a teljes kiépítettséget. A mintegy 3,4 milliárd eurós projekt az EU és az Európai Űrügynökség (ESA) közös vállalkozása. A műholdak ún. közepes (átmenet



*A GIOVE-B az ESA hollandiai tesztközpontjában, az összeszerelést követően*

a geostacionárius és az alacsony) Föld körüli pályán, 23 616 km magasságban keringenek, tömegüket egyenként 675 kg-ra, élettartamukat egyenként legalább 12 évre tervezik. A műholdakat három különböző inklinációjú pályára helyeznék. A 10–10 holdból 9–9 szükséges a működéshez, a további összesen 3 műhold tartalék szerepet töltené be. A mérési pontosságot veszélyeztető meghibásodás esetén az ESA a lehető legrövidebb időn belül pótolná az elveszett műholdat. A rendszer működési elve szerint a földi vevő fogja a műholdak jeleit. A jelek az egyes (a vevő által „látható”) holdak pozícióját és a pozíció idejét tartalmazzák. A Galileo-rendszer tagjai a világűrbe valaha juttatott legpontosabb atomórát tartalmazzák (hidrogénmézeres órái 1 nanoszekundumot tévedhetnek 24 óra alatt). A felhasználók által kapott adatok pontosságát növeli, hogy a Galileo-rendszer vevői a 24–24 műholdból álló amerikai NavStar és az orosz GLONASSZ rendszer jeleit is képesek lesznek venni. Globális műholdas navigációs rendszer kiépítésén dolgozik még Kína is. A Galileo első két tesztműholdját (GIOVE-A és GIOVE-B) 2005. december 28-án és 2008. április 27-én állították pályára. Az egyes műholdak várható fényességét legfeljebb 11 magnitúdóra becsülik.

## Évforduló

### Kirchhoff és Bunsen felismeri a Nap-színkép keletkezésének törvényét

Robert Wilhelm Bunsen (1811–1899), a heidelbergi egyetem kémia professzora, 1859. november 15-én (150 éve) kelt levélben tájékoztatta angol barátját, Henry Enfield Roscoe-t (1833–1915), újabb, sokat ígérő kutatásairól:

„Ez idő szerint Kirchhoffal együtt olyan kutatásba vagyunk merülve, mely éjjel sem hagy aludnunk. Kirchhoff váratlan, gyönyörű fölfedezést tett: fölfedezte a Nap színképében levő sötét vonalak okát, a láng a folytonos színképében mesterségesen előidézte, mikor is helyzetük a Fraunhofer-féle vonalakéval azonos. Ily módon ki van jelölve az út, melyen a Nap s az állócsillagok kémiai alkata biztosan meghatározható.”

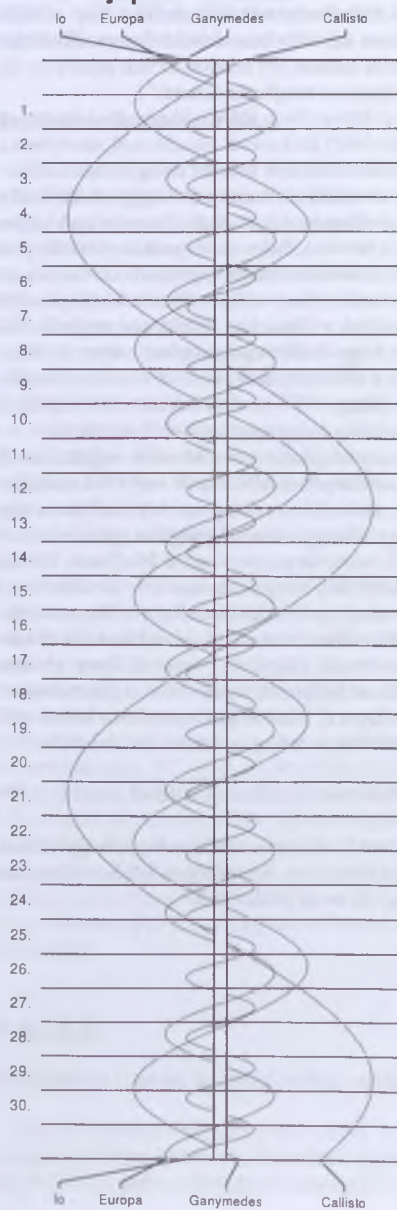
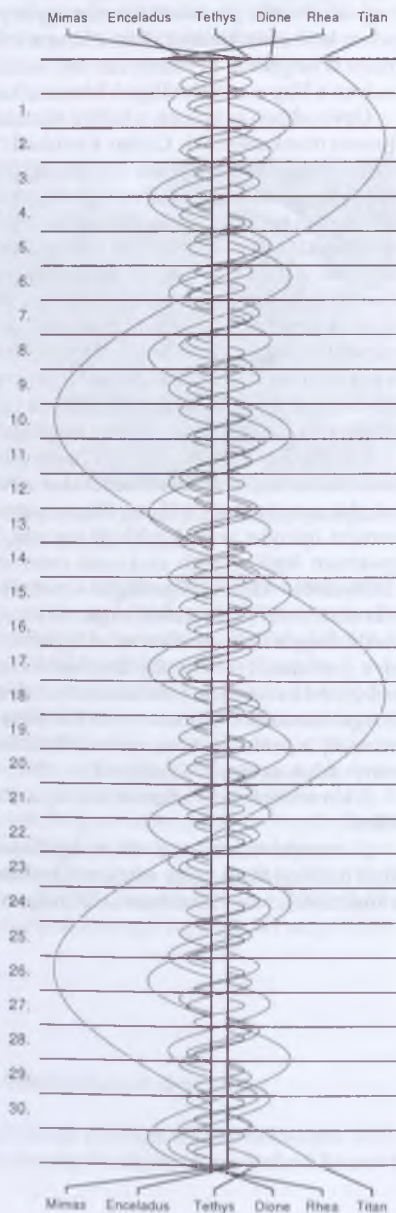
Ugyanebben az időben, a berlini Akadémia évkönyvében egy rövid híradás jelent meg Bunsen munkatársának, Gustav Kirchhoff (1824–1887) fizikusnak előadásáról, amelyben a Nap-színkép sötét, elnyelési vonalainak összehasonlításáról számol be egyes kémiai elemek sugárzásában felismerhető fényes színképvonalakkal. Bunsen és Kirchhoff 1854-től a heidelbergi egyetem laboratóriumában a kémiai elemek izzított állapotban történő sugárzás-kibocsátását vizsgálta. Arra a megállapításra jutottak, hogy az elemek izzított állapotban (energiabevitelnél) olyan, rájuk jellemző hullámhosszúságú sugárzást bocsátanak ki, amelyet gőzeik a folytonos spektrumból elnyelnek. A Nap színképében jelentkező sötét vonalak azoktól az elemektől származnak, amelyek a fotoszféra fölötti, alacsonyabb hőmérsékletű naplégkört alkotják. Meghatározva, hogy az elemek izzó gőzei milyen hullámhosszakon bocsátanak ki sugárzást (fénylenek), a sötét elnyelési vonalak is azonosíthatók. (A kibocsátási és elnyelési színkép közti kapcsolatot a XIX. sz. első felében több kutató is feltételezte, de a törvényszerűség megfogalmazásáig és igazolásáig nem jutottak el.)

Kirchhoff és Bunsen már 1859 őszén gondosan meghatározta több elem sugárzásának hullámhosszait, és azonosította ezeket a Nap színképében előforduló elnyelési vonalakkal. (bárium, kalcium, kálium, lítium, nátrium, stroncium). A Nap színképének kimérése annyira igénybe vette Kirchhoff szemeit, hogy sokáig szembetegségben szenvedett. A spektrum legfényesebb szakaszát ezért egyik tanítványa, a magyar Hoffmann Károly (1839–1891) – későbbi főgeológus – mérte ki. A színkép vizsgálata vezette Kirchhoffot a róla elnevezett (tapasztalati) sugárzás törvény megfogalmazásához. Robert Bunsen felismerte, hogy a színképekben az addig ismert elemekével nem azonosítható vonalak további, a periódusos rendszerbe illeszkedő kémiai elemek jelenlétére utalnak. Ilyen módon fedezte fel a céziumot, a rubidiumot, a talliumot, az indiumot, a galliumot, a szkandiumot és a germániumot. Bunsen és Kirchhoff eredményei új lehetőséget nyitottak a kémia számára, új kutatási ágat (az asztrofizikát) teremtettek a csillagászatban, és távlataiban új irányt adtak az elméleti fizikának.

A kor felfogásának jellemzésére álljon itt néhány sor Kirchhoff leveléből, öccséhez, Otóhoz:

„...nem is vettem rossz néven egy ismerősimtől, aki azt mesélte nekem, hogy valami örült fickó azt állítja, hogy nátriumot fedezett fel a Napban. Nem tudtam közben ellenállni a kísértésnek, hogy eláruljam neki, magam vagyok ez az örült fickó.”



**Jupiter-holdak****Szaturnusz-holdak**



## Jupiter

d	UT h:m	hold	j
2	17:50.2	E	áv
5	20: 7.5	I	mk
6	17: 9.5	G	ev
	17:28.2	I	ek
	18:47.7	I	ák
	18:58.0	G	ák
	19:45.5	I	ev
	21: 4.7	I	áv
7	18:14.4	I	fv
	20:39.1	E	mk
8	16: 3.2	C	mk
	20:49.3	C	mv
9	17:35.7	E	ák
	17:48.1	E	ev
	20:26.8	E	áv
13	17:34.9	G	ek
	19:24.0	I	ek
	20:43.6	I	ák
	21:12.1	G	ev
14	16:31.9	I	mk
	20: 9.9	I	fv
15	16:10.5	I	ev
	17:29.4	I	áv
16	17:34.4	E	ek
	20:12.3	E	ák
	20:25.5	E	ev
17	16:29.3	G	fv
	17:24.6	C	áv
18	18:13.1	E	fv
21	18:28.4	I	mk
22	15:50.2	I	ek
	17: 8.3	I	ák
	18: 7.5	I	ev
	19:25.2	I	áv
23	16:34.3	I	fv
	20:13.7	E	ek
24	16:54.1	G	fk
	20:30.5	G	fv
25	20:50.6	E	fv

## Szaturnusz

d	UT h:m	hold	j
2	4:27.8	Te	ák
	4:56.9	Te	ek
3	2: 6.2	Rh	ák
	3: 6.4	Te	fk
	3:23.7	Rh	ek
4	2:16.8	Te	ek
	4:43.1	Te	áv
5	3:44.5	Te	mv
6	2: 1.8	Te	áv
	2:24.4	Te	ev
	4:14.0	Di	ák
	4:59.8	Di	ek
7	1:42.1	Ti	áv
9	1:47.6	Di	ev
12	3: 1.2	Rh	ák
	4:33.4	Rh	ek
13	4:27.8	Di	mv
15	3:26.8	Ti	fv
17	3: 1.6	Di	ák
	3:56.2	Di	ek
19	2:24.3	Rh	mv
	4:16.3	Te	ák
	4:54.5	Te	ek
20	2:54.7	Te	fk
21	1:35.0	Te	ák
	2:14.1	Te	ek
	3:56.5	Rh	ák
	4:30.8	Te	áv
	4:58.2	Te	ev
22	3:37.6	Te	mv
23	1:49.5	Te	áv
	2:17.3	Te	ev
24	3:18.3	Di	mv
28	1:49.0	Di	ák
	2:51.2	Di	ek
	3:20.2	Rh	mv
	5: 6.2	Di	áv
30	4:51.7	Rh	ák

$\lambda = 19^\circ$ ,  $\varphi = 47,5^\circ$  **Kalendárium – december**

KÖZEI

Dátum	Nap					Hold			fázis
	kel h m	delel h m	nyugszik h m	$h_d$ °	$E_t$ m	kel h m	delel h m	nyugszik h m	
49. hét									
1. k 335.	7 10	11 33	15 55	20,7	+11,1	14 52	23 08	6 18	○ 8 32
2. sz 336.	7 11	11 33	15 55	20,5	+10,7	15 43	-	7 32	
3. cs 337.	7 13	11 33	15 54	20,4	+10,3	16 49	0 10	8 38	
4. p 338.	7 14	11 34	15 54	20,3	+9,9	18 06	1 14	9 31	
5. sz 339.	7 15	11 34	15 54	20,1	+9,5	19 28	2 16	10 12	
6. v 340.	7 16	11 35	15 53	20,0	+9,1	20 50	3 14	10 43	
50. hét									
7. h 341.	7 17	11 35	15 53	19,9	+8,7	22 10	4 08	11 09	● 1 15
8. k 342.	7 18	11 36	15 53	19,8	+8,2	23 28	4 58	11 31	
9. sz 343.	7 19	11 36	15 53	19,7	+7,8	-	5 46	11 51	
10. cs 344.	7 20	11 36	15 53	19,6	+7,3	0 44	6 34	12 11	
11. p 345.	7 21	11 37	15 53	19,5	+6,9	1 58	7 21	12 32	
12. sz 346.	7 22	11 37	15 53	19,4	+6,4	3 12	8 09	12 57	
13. v 347.	7 23	11 38	15 53	19,4	+6,0	4 25	8 59	13 26	
51. hét									
14. h 348.	7 24	11 38	15 53	19,3	+5,5	5 35	9 50	14 01	● 13 03
15. k 349.	7 24	11 39	15 53	19,3	+5,0	6 39	10 43	14 45	
16. sz 350.	7 25	11 39	15 54	19,2	+4,5	7 35	11 36	15 38	
17. cs 351.	7 26	11 40	15 54	19,2	+4,0	8 21	12 27	16 38	
18. p 352.	7 26	11 40	15 54	19,1	+3,6	8 58	13 17	17 42	
19. sz 353.	7 27	11 41	15 54	19,1	+3,1	9 27	14 03	18 47	
20. v 354.	7 28	11 41	15 55	19,1	+2,6	9 51	14 47	19 53	
52. hét									
21. h 355.	7 28	11 42	15 55	19,1	+2,1	10 11	15 29	20 58	● 18 36
22. k 356.	7 29	11 42	15 56	19,1	+1,6	10 29	16 10	22 02	
23. sz 357.	7 29	11 43	15 56	19,1	+1,1	10 46	16 50	23 07	
24. cs 358.	7 30	11 43	15 57	19,1	+0,6	11 03	17 31	-	
25. p 359.	7 30	11 44	15 58	19,2	+0,1	11 21	18 15	0 14	
26. sz 360.	7 30	11 44	15 58	19,2	-0,4	11 42	19 01	1 23	
27. v 361.	7 31	11 45	15 59	19,2	-0,9	12 08	19 52	2 35	
53. hét									
28. h 362.	7 31	11 45	16 00	19,3	-1,4	12 41	20 48	3 50	○ 20 14
29. k 363.	7 31	11 46	16 01	19,3	-1,9	13 26	21 48	5 06	
30. sz 364.	7 31	11 46	16 02	19,4	-2,4	14 24	22 52	6 16	
31. cs 365.	7 31	11 47	16 02	19,5	-2,8	15 37	23 57	7 17	

## december

nap	Julián dátum 12 <sup>h</sup> UT	$\theta_{gr}$ 0 <sup>h</sup> UT h m s	névnapok
1.	2 455 167	4 39 56	Elza, Arnold, Blanka, Ede, Natália, Natasa, Oszkár
2.	2 455 168	4 43 52	Melinda, Vivien, Aranka, Aurélia, Dénes
3.	2 455 169	4 47 49	Ferenc, Olívia
4.	2 455 170	4 51 45	Borbála, Barbara, Boróka, Péter
5.	2 455 171	4 55 42	Vilma, Ábel, Csaba, Csanád, Dalma
6.	2 455 172	4 59 38	Miklós, Nikolett, Nikoletta
7.	2 455 173	5 03 35	Ambrus
8.	2 455 174	5 07 32	Mária, Emőke, Mátyás
9.	2 455 175	5 11 28	Natália, Ábel, Georgina, György, Györgyi, Péter, Valéria
10.	2 455 176	5 15 25	Judit, Livia, Loretta
11.	2 455 177	5 19 21	Árpád, Dániel
12.	2 455 178	5 23 18	Gabriella, Franciska, Johanna
13.	2 455 179	5 27 14	Luca, Otilia, Éda, Elza, Lúcia
14.	2 455 180	5 31 11	Szilárda
15.	2 455 181	5 35 07	Valér, Dezső, Mária
16.	2 455 182	5 39 04	Etelka, Aletta, Alida, Beáta, Tihamér
17.	2 455 183	5 43 01	Lázár, Olimpia
18.	2 455 184	5 46 57	Augusztá, Dezső, Mária
19.	2 455 185	5 50 54	Viola
20.	2 455 186	5 54 50	Teofil, Ignác, Krisztián
21.	2 455 187	5 58 47	Tamás, Péter
22.	2 455 188	6 02 43	Zénó, Anikó
23.	2 455 189	6 06 40	Viktória
24.	2 455 190	6 10 36	Ádám, Éva, Adél, Alinka, Ervin, Hermina, Noémi
25.	2 455 191	6 14 33	<b>Karácsony</b> ; Eugénia, Anasztázia
26.	2 455 192	6 18 30	<b>Karácsony</b> ; István, Dénes, Előd, Stefánia
27.	2 455 193	6 22 26	János
28.	2 455 194	6 26 23	Kamilla, Ármin, Gáspár
29.	2 455 195	6 30 19	Tamás, Tamara, Dávid, Gáspár
30.	2 455 196	6 34 16	Dávid, Dénes, Hunor, Margit, Zalán
31.	2 455 197	6 38 12	Szilveszter, Darinka, Katalin, Kitti, Melánia

17. Az iszlám naptár 1431. évének kezdete napnyugtakor



*A déli égbolt december 15-én 20:00-kor (KÖZEL)*

## Bolygók

**Merkúr:** A hónap első felében megfigyelésre kedvezőtlen helyzetben van. 18-án kerül legnagyobb keleti kitérésbe,  $20^\circ$ -ra a Naptól. Ekkorra helyzete megfigyelésre kedvezőbbé válik, több mint egy és negyed órával nyugszik a Nap után. Láthatósága csak a hónap legvégén kezd romlani.

**Vénusz:** A hónap elején még megfigyelhető a reggeli délkeleti égen, de a hónap közepét követően eltűnik a Nap sugaraiban. Hó elején háromnegyed órával kel a Nap előtt, ez a hónap közepére fél óra alá csökken. Fényessége  $-3^m,9$ , átmérője  $10''$ -ről  $9,7''$ -re csökken, fázisa 0,98-ről 0,998-ra nő.

**Mars:** Kezdetben előretartó, majd 21-től hátráló mozgást végez az Oroszlán csillagképben. Este kel, feltűnően látszik az éjszaka nagy részében. Fényessége gyorsan nő  $0^m,0$ -ról  $-0^m,7$ -ra. Átmérője gyors növekedése a kezdeti  $9,9''$ -ről  $12,6''$ -re felszínének egyre jobb láthatóságát biztosítja.

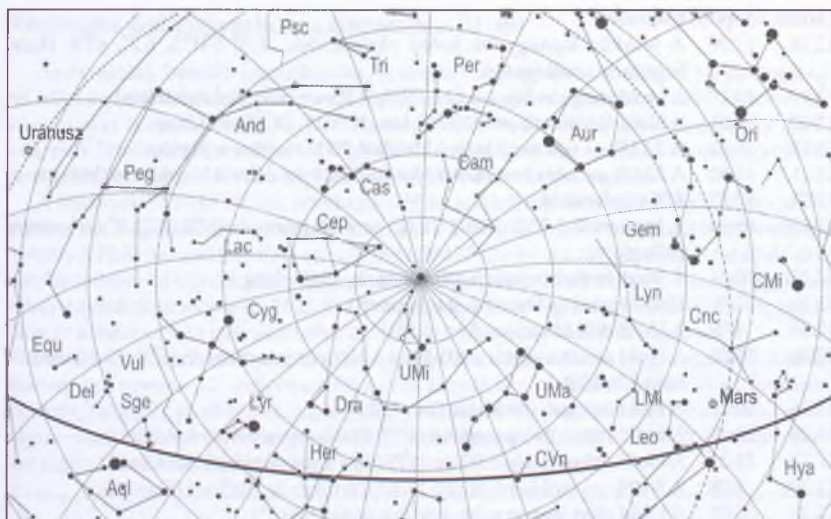
**Jupiter:** Előretartó mozgást végez a Bak csillagképben. Az esti égbolt feltűnő égitestje, késő este nyugszik. Fényessége  $-2^m,1$ , átmérője  $36''$ .

**Szaturnusz:** Éjfélkor kel, az éjszaka második felében látható. Folytatja előretartó mozgását a Szűz csillagképben. Fényessége  $0^m,9$ , átmérője  $17''$ .

**Uránusz:** Az esti órákban kereshető a Vízöntő csillagképben. Éjfél előtt nyugszik. 2-án hátráló mozgása ismét előretartóvá változik.

**Neptunusz:** Az esti órákban figyelhető meg a Bak csillagképben. Késő este nyugszik.





Az északi égbolt december 15-én 20:00-kor (KÖZEI)

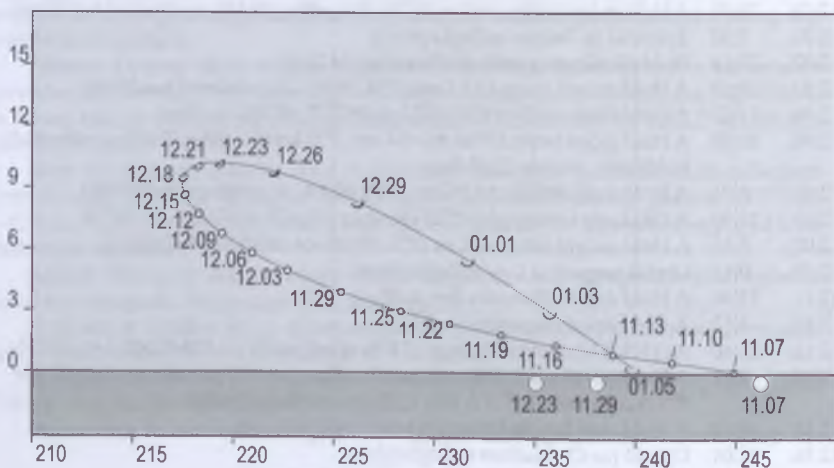
## Eseménynaptár

### Dátum Időpont Esemény

- |        |       |   |
|--------|-------|---|
| 12.01. | 2:23  | A Titan (Szaturnusz-hold) fogyatkozásának vége  |
| 12.01. | 20:09 | A Hold mögé belép a 36 Tau ( $5^m5$ kettőscsillag, 99,6%-os növekvő holdfázis)  |
| 12.02. | 7:32  | Telehold (a Taurus csillagképben)   |
| 12.02. | 23:14 | Hold eléri legnagyobb deklinációját ( $+25,4^\circ$ )   |
| 12.03. | 19:53 | A Hold mögül kilép az 5 Gem ( $5^m8$ , 96,8%-os csökkenő holdfázis)   |
| 12.04. | 14:27 | A Hold földközelpont (363 457 km, 1972,7", 92,8%-os fázis)  |
| 12.04. | 20:58 | A Hold mögé belép a Wasat ( $=\delta$ Gem, $3^m5$ kettőscsillag, 91,0%-os növekvő holdfázis), kilépés 22:03-kor                                 |
| 12.05. | 2:04  | A Hold mögül kilép a 63 Gem ( $5^m3$ , 89,5%-os csökkenő holdfázis)   |
| 12.05. | 17:30 | A (38) Leda kisbolygó ( $11^m2$ ) elfedi az UCAC2 42371485-öt ( $10^m7$ )   |
| 12.07. | 5:54  | A Hold mögül kilép a $\xi$ Leo ( $5^m0$ , 69,6%-os csökkenő holdfázis)  |
| 12.09. | 0:15  | Utolsó negyed (a Leo csillagképben)   |
| 12.11. | 13:39 | A Hold északi librációja ( $b = 6,77$ )   |
| 12.12. | 4:12  | A Hold keleti librációja ( $l = 5,97$ )   |
| 12.12. | 21:40 | Az (1010) Marlene kisbolygó ( $14^m9$ ) elfedi az TYC 1373-02303-1-et ( $10^m5$ )   |
| 12.14. | 5:36  | A Hold elfedi a ZC 2220 jelű kettőscsillagot a déli pereme mentén ( $7,0$ és $7^m1$ , szeparáció: $8,0''$ , PA 288, 5,2%-os csökkenő holdfázis) |
| 12.16. | 9:42  | A Hold eléri legkisebb deklinációját ( $-26,6^\circ$ )  |
| 12.16. | 12:04 | Újhold (az Ophiuchus csillagképben)   |
| 12.17. | 1:12  | A Titan (Szaturnusz-hold) fogyatkozásának vége  |
| 12.18. | 5:13  | A (532) Herculina kisbolygó ( $10^m2$ ) $21,4'$ -re a Denebolától ( $=\beta$ Leo, $2^m2$ )  |
| 12.18. | 15:31 | A 4,2%-os növekvő fázisú Holdtól $3^\circ02'$ -cel délre a Merkúr   |

**Dátum Időpont Esemény**

- 12.18. 17:39 A Merkúr legnagyobb keleti elongációja:  $20,3^\circ$  ( $-0^m5$ ,  $6,7''$ , 61% fázis, Sagittarius csillagkép)
- 12.19. 17:17 A Hold mögé belép a  $\sigma$  Cap ( $5^m3$ , 9,2%-os növekvő holdfázis)
- 12.20. 15:01 A Hold földtávolban (405 760 km,  $1767,0''$ , 14,7%-os fázis)
- 12.21. 15:32 A 22,1%-os növekvő fázisú Holdtól  $3^\circ31'$ -re délre a Jupiter
- 12.21. 15:32 A 22,1%-os növekvő fázisú Holdtól  $3^\circ03'$ -re délre a Neptunusz bolygó
- 12.21. 17:47 Téli napforduló
- 12.21. 18:54 A Jupitertől ( $-2^m2$ ,  $35,8''$ )  $31^\circ42'$ -re a Neptunusz ( $8^m0$ ,  $2,2''$ , Capricornus csillagkép)
- 12.21. 20:41 A Merkúr dichotómiája (50,0% fázis,  $19,9^\circ$  elong.)
- 12.24. 17:36 Első negyed (a Pisces csillagképben)
- 12.26. 4:33 A Hold déli librációja ( $b = -6,81$ )
- 12.26. 15:55 A Hold súrolva elfedi a 101 Psc-t a déli pereme mentén ( $6^m2$ , 69,1%-os növekvő holdfázis)
- 12.26. 20:12 A Hold nyugati librációja ( $l = -7,26$ )
- 12.28. 16:37 A Hold mögé belép a 66 Ari ( $6^m2$ , 87,0%-os növekvő holdfázis)
- 12.28. 21:21 A Hold mögé belép a 9 Tau ( $6^m7$ , 88,4%-os növekvő holdfázis)
- 12.29. 2:28 A 90,0%-os csökkenő fázisú Hold  $0,6$  fokra az M45-től (Fiastyúk)
- 12.30. 20:05 A Hold eléri legnagyobb deklinációját ( $+25,2^\circ$ )
- 12.30. 20:46 Az (4) Vesta kisbolygó ( $7^m2$ )  $27,4'$ -re az NGC 3338 galaxistól ( $10^m8$ , 52 Leo-tól  $1,3^\circ$ -ra)
- 12.31. 17:15 Részleges holdfogyatkozás (Teljes árnyék nagysága: 0,075, a Gemini csillagképben, maximális fázis: 19:22, fogyatkozás vége: 21:30)
- 12.31. 19:14 Telehold (a Gemini csillagképben)



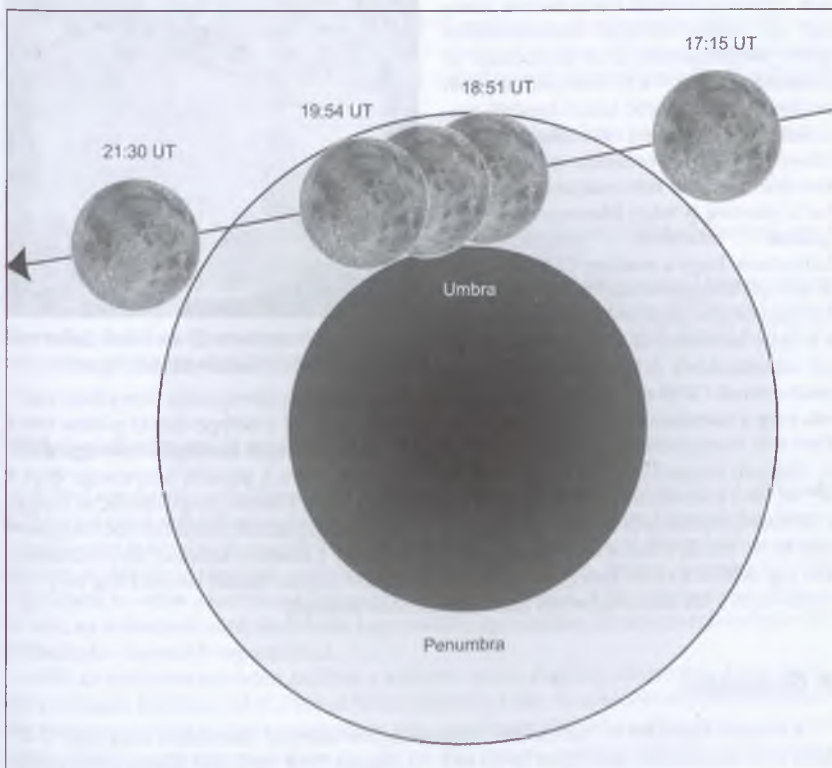
12.18. A Merkúr legnagyobb keleti elongációja:  $20,3^\circ$  ( $-0^m5$ ,  $6,7''$ , 61% fázis, Sagittarius csillagkép)

## Részleges holdfogyatkozás december 31-én

Az év utolsó, hatodik fogyatkozása részleges holdfogyatkozás, melyet Magyarországról teljes egészében megfigyelhetünk. Sajnos a részleges fázis csak kismértékű lesz, és a látványos rész is csak rövid ideig tart. Az esemény az esti és kora éjszakai órákban zajlik, kellemes látnivalót biztosítva. A fogyatkozás Afrikából és Ázsiából is megfigyelhető, Ausztráliából nézve a Hold a fogyatkozás elején-közepén lenyugszik.

A félárnyék 17:15:18 UT-kor érintkezik a Hold felületével, de jelenlétét nem lehet észlelni egészen 18:20-ig. Ekkor már érzékelhetővé válik a félárnyék belső része okozta barnás-szürkés homály a Hold bal alsó felén. Az árnyék 18:51:38 UT-kor éri el a holdkorongot. Az általa okozott kis harapás bő egy óra alatt végighalad a Hold déli szélén, és 19:53:51 UT-kor elhagyja azt. A legnagyobb fázis időpontja 19:22:41 UT. A részleges fázis végeztével a félárnyék még egy fél órán át látható a Hold jobb alsó felén, 21:30:07 UT-kor pedig végleg elhagyja azt.

A részleges fázis 1 óra 2 perc 15 másodpercig tart, a fogyatkozás nagysága 0,082. A holdkorong déli pereme 2,7' mélyen merül a Föld árnyékába. A Hold magasan áll az Ikrekben, nemrég haladt át az ekliptika legészakibb pontján. A fogyatkozás csekély mértéke miatt sajnos nem látható, milyen szép csillagkörnyezetben tartózkodik a Hold. A Mars az egyetlen szabad szemmel látható bolygó a keleti látóhatár közelében.



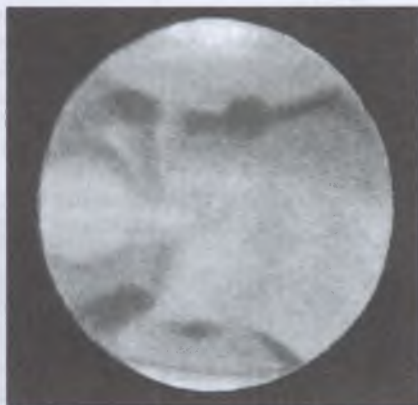
A Hold egy nappal van földközelsége előtt, látszó mérete nagyobb az átlagnál, 33,1'. Az umbra látszó mérete 1°31,3', a félárnyéké 2°37,6'. A félárnyék gyűrűje 33,3' széles, vagyis a Hold a félárnyékban is teljesen elmerül, mielőtt elkezdődne a részleges fázis – ez viszonylag ritkán történik így. (A félárnyékos fogyatkozás nagysága 1,0808)

Ez a holdfogyatkozás a 115-ös Szárosz-sorozat 72 eseményéből az 57.

Félárnyékos fogyatkozás kezdete:	17:15:18 UT
Részleges fogyatkozás kezdete:	18:51:38 UT
Legnagyobb fázis időpontja:	19:22:41 UT
Részleges fogyatkozás vége:	19:53:51 UT
Félárnyékos fogyatkozás vége:	21:30:07 UT

## A Mars, oppozíció előtt

A vörös bolygó a jövő év eleji (2010. január 30.) oppozíciója előtt már nagyon jól megfigyelhető az éjszaka második felében. Sajnos maximális látszó mérete elmarad az utóbbi időszak szembenállásai során megszokottól, most mindössze 14 ívmásodperc lesz – a 15 éves periódusban bekövetkező legkisebb látszó átmérőt produkáló Mars-közelség előtt állunk. Ennek ellenére 2010-es oppozíciója során történő észlelése hasznos információkkal szolgálhat a jelenleg is folyó Mars-szondás vizsgálatok adatainak kiegészítésével, különösen, hogy a modern CCD-s észlelési és képfeldolgozási módszerek segítségével nagyon sok részletet örökíthetünk meg a bolygó felszínén, ill. a légkörében történő változásokból. A következő hónapban bekövetkező (2010-es) oppozíciója aphéliumi lesz, azaz naptávolpontja környékén történik meg a szembenállása a Földdel. 2009. augusztus 15-től a bolygó északi pólusa néz a Föld felé, és ez a helyzet meg is marad a Mars-közelség végéig. A korong látványát az északi félgömb narancsvöröses alföldjei uralják. Decemberben a planéta fényessége eléri a -0<sup>m</sup>5-t, 20-a környékén a csillagok közti mozgásának iránya lassan megváltozik, az eddigi, a 2008-as konjunkciója óta előretartó mozgása lassan megszűnik, majd hátráló mozgásba vált át. Az északi féltekei észlelők számára jó hír, hogy a mostani közelség idején is magasan fog delelni a vörös bolygó az égen; a földi légkör zavaró hatása kevésbé fog érvényesülni – ami a kis látszó méretnél különösen fontos tényező.



A Mars 2007. november 27-én. Sánta Gábor rajza 13 cm-es Newton-távcsővel készült

## A Geminidák

Az egyik legszebb és rajtagokban leggazdagabb áramlat. Aktivitása december 7–17. közé esik, maximuma december 14-én van. Az átlagos ZHR 120 körül alakul, tehát a nyári



Perseidákat is felülmúlja. A fehér színű rajtagok komótosan szelik át az eget, 35 km/s sebességűek.

Először 1862-ben említik a rajt, 1877-ben már az erős aktivitást is lejegyzik. Az elmúlt 100 évben egyre erősödő aktivitást észleltek. Egy 1982-es (G.H. Spalding) és egy 1984-es (P.B. Babadzhanov, Yu. V. Obrubov) tanulmány szerint a meteoroidok méret szerint erősen elkülönülnek a rajon belül. Ez azt jelenti, hogy a raj nagyon ősi. A megfigyelt rajtagok száma a maximumig fokozatosan növekszik, majd utána hirtelen lecsökken.

Sokáig nem tudták összekapcsolni a raj eredetét egyetlen üstökösselel sem. 1983-ban az IRAS infravörös műhold felfedezte az 1983 TB nevű kisbolygót, melynek pályaelemei nagyon hasonlítottak a rajéhoz. Ennek a kisbolygónak a neve később 3200 Phaeton lett. Ez az első kapcsolat, melyet kisbolygó és meteorraj között találtak.

2007-ben Berkó Ernő DSLR fényképezőgéppel fotózta a rajt. 4 nap alatt 186 Geminidát rögzített, melyből december 14-én éjszaka 119 db-ot sikerült lencsevégre kapnia. (lásd a képmellékletet)

## Kisbolygók

**(19) Fortuna.** A Bika szarvai közt észlelhető kisbolygó a hónap elején éri el maximális fényességét 9,3 magnitúdónál. December 9-én este 22 ívperccel északra látható az 5,3 magnitúdós 106 Tauritól.

**(324) Bamberga.** Az Auriga keleti részén, csillagokban gazdag területen láthatjuk ezt a 9,8 magnitúdós kisbolygót. December 9-én 16 ívperccel északra látható a 6,1 magnitúdós 59 Aurigae-től, 22-én pedig fél fokkal északra a közkedvelt félszabályos változócsillagtól, az UU Aurigae-től.

## Üstökösök

**C/2007 Q3 (Siding Spring).** Az éjszaka második felében látható a Coma Berenices, majd a Bootes csillagképben. Fényessége 10 magnitúdó körül alakul.

**81P/Wild 2.** A Naphoz és bolygónkhoz is közeledő üstökös fényessége a hónap végére elérheti a 10 magnitúdót. A Leo, majd a Virgo csillagképekben délkelet felé mozgó égitest december 8-án hajnalban 6 ívpercre délre látszik az NGC 3611 galaxistól, majd 14-én 15 ívpercre megközelíti az NGC 3716-ot.

## Mélyég-objektumok az égi folyó mentén

E havi ajánlatunk az Eridanus, az égi folyó és környéke. Az NGC 1788 DF Ori a  $\beta$  Eri-től 1,75 fokkal északra található reflexiós köd egy  $10^m$ -s csillag körül. Nem kimondottan nagyméretű, nem is fényes, de nagyobb műszerekkel általában jól látható. Fotografikus megfigyelése is könnyű, ráadásul esélyünk lehet az LBN (Lynds Bright Nebula) 923 DF rögzítésére is – ebbe a két fokos ködösségbe ágyazódik az NGC 1788. Mint minden reflexiós köd, ez is kiterjedt sötét ködökhöz kapcsolódik, így valóban látványos felvételeket készíthetünk – hosszabb expozícióval.

Már az Eridanus területén találjuk a környék másik érdekes, elsősorban fotón látványos reflexiós ködét, az NGC 1909-et (Boszorkányfej-köd). Ez a három fok hosszú ködösség pontosan a Rigel ( $\beta$  Ori) távolságában van, és a fényes kék színű csillag sugárzását veri vissza. Hatalmas mérete miatt alacsony felületi fényességű, ezért vizuálisan nagyon nehéz

megfigyelni. Nagyobb binokulárokkal vagy legalább 3 fok látómezejű RFT-ekkel lehet esélyünk, talán egy LPR vagy UHC szűrő is segíthet. Fotón azonban remekül mutat a jellegzetes alakú, kissé zöldes árnyalatú ködösség. Nyugatabbra további diffúz ködökre bukkanhatunk (pl. LBN 917), melyek körül rengeteg fényesebb-halványabb galaxis látható. Érdemes lenne 2–3 fokos látómezejű, hosszú expozíciós képeket készíteni a régióról!

Az Eridanus az őszi-téli égbolt galaxisvadászainak kiváló területe. Sajnos legszebb objektumainak deklinációja –20 fok körüli. Az NGC 1232 gyönyörű, lapjáról látszó küllős spirálgalaxis, mérete 7, fényessége 10 magnitúdó körüli. Kölcsonható rendszer, a fő galaxis egyik spirálkarjának végén látható az NGC 1232A. Innen 2,5 fokkal kelet-északkeletre az NGC 1300-ba akadunk, mely kissé halványabb, de hasonlóan nagy méretű (6') küllős spirál, mintegy 45 fokos rálátási szöggel. Markáns spirálkarjai kiváló fotografikus témává avatják, amennyiben megfelelő a horizontunk és egünk a –19 fokon levő égitest megörökítéséhez. Próbálkozzunk, mert megéri!



A Boszorkányfej-köd Éder Iván felvételén. 2008 februárjában készült SkyWatcher 80/600 ED refraktorról és átalakított Canon EOS 350D-vel, 56x5 perc expozícióval.

## Évforduló

### 350 éve halt meg Apáczai Csere János

A magyar művelődés, nevelésügy és tudomány egyik kiemelkedő úttörője Apáczai Csere János (1625. június 10., Apáca – 1659. december 31., Kolozsvár) paraszti sorból származott: szegény jobbágyszülők gyermekeként, Tsere János néven látta meg a napvilágot (az Apáczai előnevet később vette fel). Brassó megyei szülőfalujában és Kolozsvárott járt iskolába, felsőfokú tanulmányait 1642–43 táján Gyulafehérváron kezdte, majd különböző holland egyetemeken folytatta. 1651 áprilisában az újonnan alapított harderwijki egyetem első doktoraként teológiai szigorlatot tett. 1651-ben feleségül vette egy jómódú utrechtai család leányát, Aletta van der Maetot. Hollandiában Descartes filozófiáját tette magáévá. Még Utrechtben kezdte megírni és kinyomtatni, részint Alsted, Descartes, Comenius, Copernicus, Ramus és mások alapján *Magyar Encyclopaedia* (1653) című fő művét, ami az első olyan magyar nyelvű tankönyv, amely a hasznos és szükséges ismereteket tudományos igénnyel, korszerűen rendszerbe foglalta. Ez a kor legszélesebb körű ismeretanyagát nemzeti nyelven összefoglaló mű sok más nép tekintetében is példa nélküli, úttörő volt, ez örök érdeme és dicsősége Apáczainak. A mű kétharmad része foglalkozott természettudo-

# MAGYAR ENCYCLOPÆDIA.

Az az

**MINDEN IGAZ ÉS HASZNOS  
Bölcseletnek íze rendbe foglalá-  
sa és Magyar nyelven világra birtatása.**

**(APATZAI TSEREJ. ANOS  
által.)**

**SENEC. 64. EPIST.**

*Erifomnia a veteribus inventa essent: hoc  
tamen semper novum erit, usus & inven-  
torum ab alijs scientia & dispositio.*



**ULTRAJECTI.  
Ex Officinâ JOANNIS à WAES-  
BERGE, cû de la CLIFF.**

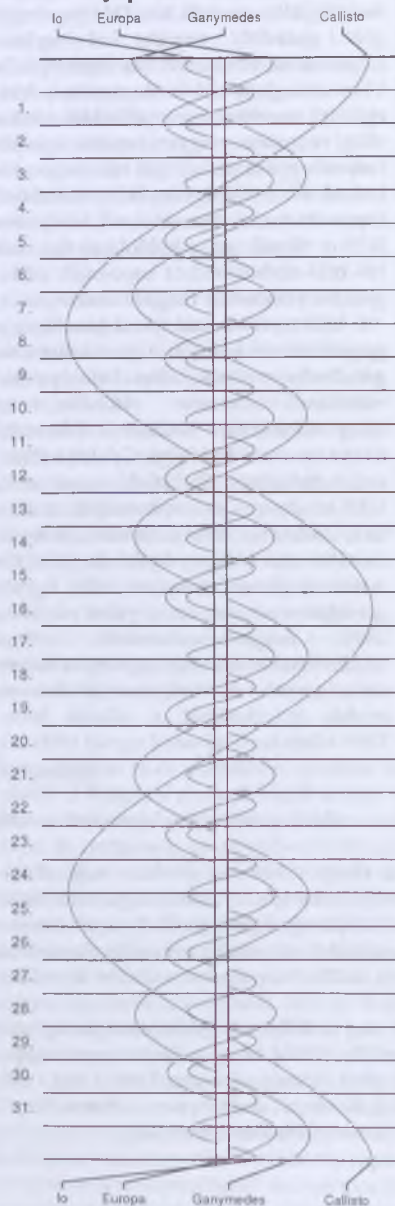
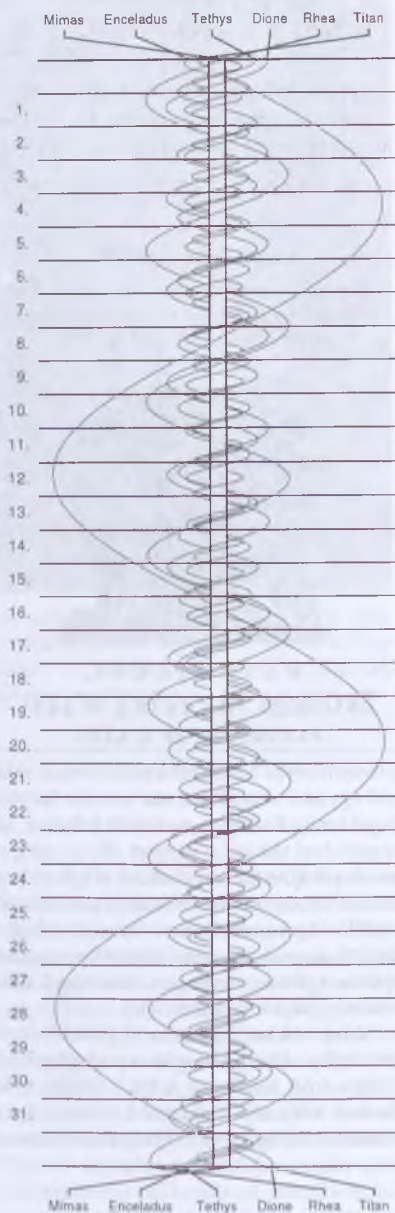
mányokkal, az akkori orvosi ismereteket is összefoglalta. Az első közt (Magyarországon elsőként) fogadta el nyíltan Kopernicusz rendszerét (az enciklopédia VI. része foglalkozik a csillagászattal). A ki-egészítő részekkel együtt 487 oldalas mű a világ racionális magyarázatának igényét tudományos és pedagógiai reform gondol-  
latával, sőt a jobbágyrendszer bírálatával kapcsolta össze. Nyomásának befejezése 1655-re tehető, így a különböző források hol 1653-at, hol 1655-öt kapcsolják a Ma-  
gyar Encyclopaedia megjelenéséhez.

1653 nyarán családjával hazatérve a gyulafehérvári kollégium gimnáziumi ta-  
gozatán kapott tanári állást. Vele a purita-  
nizmusnak immár radikális, az independentizmus hatásait is felmutató  
irányzata ért el Erdélybe. Gyulafehérvári  
székfoglalójában (De studio sapientiae,  
1653) a kulturális elmaradottságot, az isko-  
lai formalizmust bírálta, új oktatási rend-  
szert követelt (Magyar logikátska, 1654; De  
summa scholarium necessitate, 1656). Egy-  
séges iskolarendszert, anyanyelvű népisko-  
lát, magas színvonalú, világi  
szakembereket is képző egyetemet tartott  
szükségesnek, és korlátozni kívánta az  
egyház gyámkodását az iskolák felett.  
Több lelkes tanítótársával együtt többször

is összetűzésbe került reformtörekvései miatt az uralkodó nézetekkel, és az azokat képviselő egyházi vezetőkkel. Az ortodox kálvinista reakció Basire Izsák (a kivégzett I. Károly angol király Erdélybe menekült lelkésze, aki hamar Rákóczi fejedelem bizalmasává vált) vezetésével támadást indított ellene, még a fejedelmet is sikerült megharagítaniuk rá, és mindezek következményeként el kellett hagynia állását is. 1656-ban a kolozsvári kiskisiskola-  
hoz került, de ott is tovább képviselte törekvéseit. Utolsó tervezetében magyar akadémia  
felállítást javasolta Bartsai Ákos fejedelemnek. Diákjai mindig hűek voltak hozzá, és min-  
denhol nagyon szerették. Utolsó fennmaradt leveleiben szót sem ejt egészségi állapotáról,  
nyilván egészségesnek gondolta magát. Fiatalon, tüdőbajban végezte be életét. Síremléke  
a házsongárdi temetőben áll.

Műveinek kritikai kiadását 1959-ben kezdte meg az MTA. – M. Válogatott pedagógiai  
művei (Bp., 1899); Válogatott pedagógiai művei (Bp., 1956); Magyar Encyclopaedia (Bp.,  
1959). – Irod. Bán Imre: A. Cs. J. (1958); A. Cs. J. (Ped. Szle emlékszáma, 1960. 2. sz.) – Szi.  
Berczeli A. Károly: Válaszúton (színmű, Bp., 1954); Németh László: Apáczai (dráma, Törté-  
neti drámák, Bp., 1963); Áprily Lajos: Tavasz a házsongárdi temetőben (vers).



**Jupiter-holdak****Szaturnusz-holdak**



## Jupiter

d	UT h:m	hold	j
1	15:47.5	G	mk
	15:49.8	I	áv
	19:26.8	G	mv
2	18: 1.9	E	mk
3	19: 6.0	C	ek
4	17:36.3	E	áv
6	19:46.8	I	ek
7	16:54.0	I	mk
8	16:33.9	I	ev
	17:45.4	I	áv
	20: 2.9	G	mk
11	17:21.7	E	ák
	17:52.1	E	ev
12	17:13.8	C	fk
	18:42.7	G	áv
14	18:53.3	I	mk
15	16:16.0	I	ek
	17:24.1	I	ák
	18:33.4	I	ev
	19:41.0	I	áv
16	16:49.9	I	fv
18	17:45.3	E	ek
19	18:18.1	G	ev
	19:10.4	G	ák
20	18: 0.8	E	fv
22	18:16.0	I	ek
	19:19.6	I	ák
23	18:45.4	I	fv
24	16: 5.4	I	áv
26	19: 2.1	G	ek
27	15:42.8	E	mk
29	15:47.8	C	fv
30	16:38.7	G	fv
	17:24.2	I	mk
31	15:43.9	I	ák
	17: 4.3	I	ev
	18: 0.9	I	áv

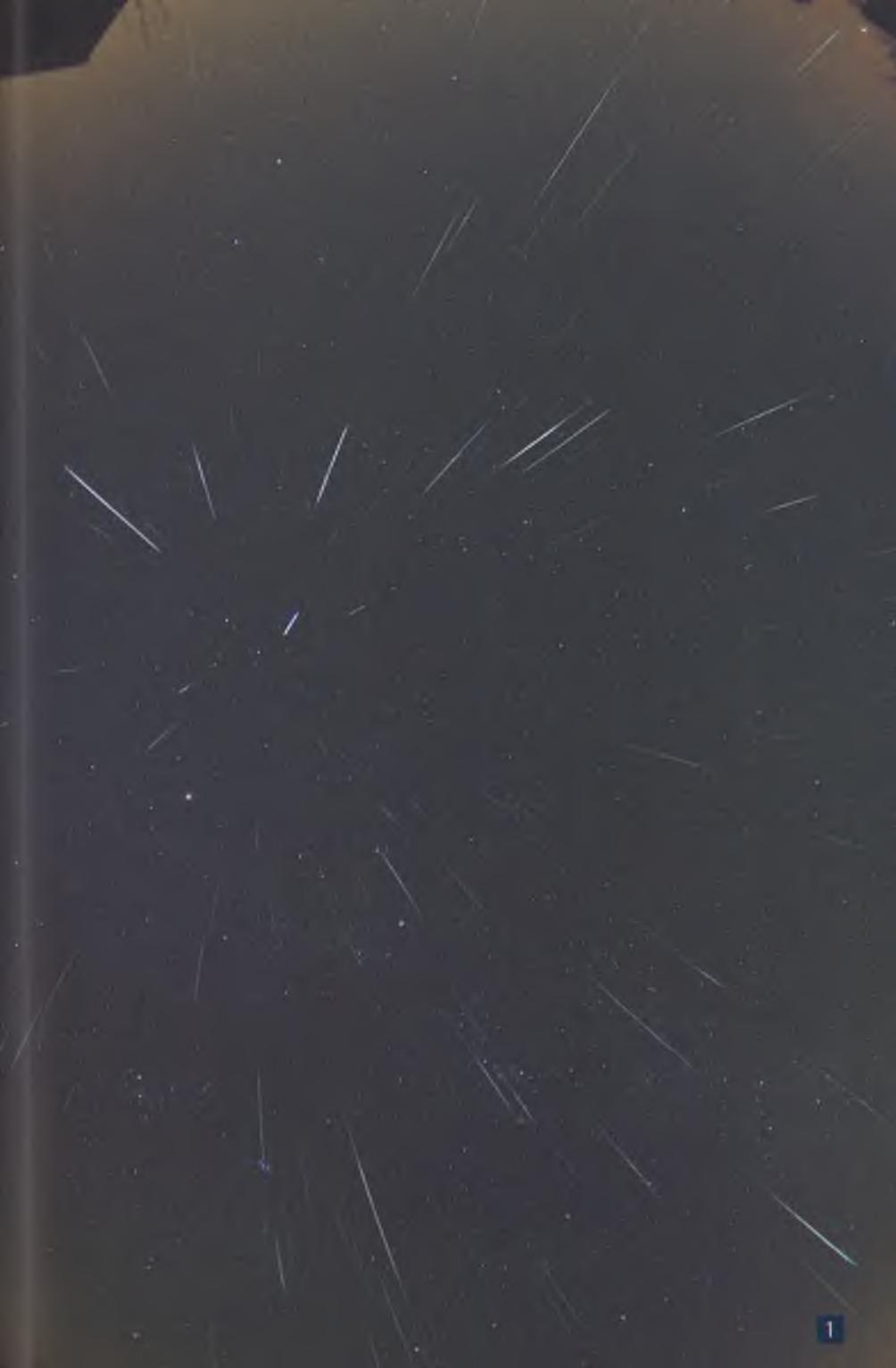
## Szaturnusz

d	UT h:m	hold	j
1	2:22.5	Ti	fv
2	4:26.3	Di	fk
5	2: 7.5	Di	mv
	5:24.1	Te	fk
6	4: 4.4	Te	ák
	4:49.2	Te	ek
7	2:42.7	Te	fk
	4:14.3	Rh	mv
8	1:23.1	Te	ák
	2: 8.4	Te	ek
	4:18.2	Te	áv
	4:49.1	Te	ev
9	0: 1.4	Te	fk
	0:36.4	Di	ák
	1:44.3	Di	ek
	3:28.4	Te	mv
	3:52.6	Di	áv
	4:34.6	Di	ev
10	1:36.8	Te	áv
	2: 7.9	Te	ev
11	0:47.3	Te	mv
13	3:13.5	Di	fk
16	0:27.9	Rh	fk
	0:55.3	Di	mv
	5: 7.4	Rh	mv
17	1:12.2	Ti	fv
	5:41.8	Di	ák
19	23:23.6	Di	ák
20	0:35.0	Di	ek
	2:39.0	Di	áv
	3:21.9	Di	ev
22	5:11.9	Te	fk
	23:45.1	Rh	ev
23	3:52.3	Te	ák
	4:40.2	Te	ek
24	2: 0.8	Di	fk
	2:30.6	Te	fk

d	UT h:m	hold	j
25	1:10.9	Te	ák
	1:23.2	Rh	fk
	1:58.9	Te	ek
	4: 5.4	Te	áv
	4:37.6	Te	ev
	23:49.2	Te	fk
26	3:16.8	Te	mv
	23:17.6	Te	ek
	23:41.7	Di	mv
27	1:24.0	Te	áv
	1:56.1	Te	ev
28	0:35.4	Te	mv
	4:29.1	Di	ák
	5:41.3	Di	ek
	22:42.5	Te	áv
	23:14.7	Te	ev
30	23:23.1	Di	ek
31	1:25.3	Di	áv
	2: 7.9	Di	ev
	23:43.6	Rh	áv

## Képmelléklet

1. A Geminidák meteorraj maximuma 2007 decemberében. Berkó Ernő montázsa a 2007. december 12–15. között készült meteorfelvételei alapján készült (Canon EOS 350D fényképezőgép, Peleng 8 mm-es halszemobjektív)
2. A Rák-köd (M1) Kereszty Zsolt felvételén. A kép összesen 5,1 óra expozíciós idővel készült, 40 cm-es Meade A-RC teleszkóppal. A részképek 10 perces expozíciós idejű egyedi képek, mindegyik adaptív optikával (SBIG AO-7) készült, 3 Hz beavatkozási frekvenciával. A sávok: Luminance, H-alfa, G és B.
3. A Feketeszem-galaxis (M64) a Coma Berenices csillagképben. Cserna Antal felvétele 2008.03.30-án készült 250/1250 GSO Newton-reflektorral, átalakított Canon EOS 350D fényképezőgéppel, ISO 800 érzékenység mellett. A kép 36x300 s expozíciós idő összegével készült, a Fiastyúk Csillagdából.
4. A Holmes-üstökös 2007 októberében óriási kitörésen esett át: két nap leforgása alatt 17 magnitúdóról 3 magnitúdóra fényesedett, szabad szemmel is láthatóvá vált. Éder Iván felvétele november 1-jén mutatja az üstököst. A fotó 130/780-as TMB apokromáttal és átalakított Canon EOS 350D fényképezőgéppel készült, 20x5 perc expozícióval (ISO 800), az Urak Asztaláról (Visegrádi-hegység).
5. A Holmes-üstökös három nappal később, 2007. november 4-én, ugyancsak Éder Iván felvételén – jól láthatók az üstökös kómájának és csóvájának változásai. 130/780-as TMB apokromát, 15x5 perc expozíció (ISO 800).
6. Meteorok a cseszneki várrom fölött 2008. augusztus 11-én. Ladányi Tamás felvételén két Perseida és egy sporadikus meteor látható, továbbá az 1998-021F Iridium műhold felvillanása. Canon EOS 450D fényképezőgép, Canon 18–55 objektív 18 mm-nél, ISO 1600 érzékenység, összesen 1,5 óra expozíció.









4

5











Frey Sándor

## Hogyan kezdődött a fény korszaka?

Mai tudásunk szerint a táguló világegyetem története a 13,7 milliárd éve történt ősrobbanásig nyúlik vissza. A csillagászok azon igyekeznek, hogy minél messzebbre pillanthassanak vissza ebbe a történetbe, s ezen a téren az elmúlt években jelentős haladást értek el. A teret kitöltő első atomok – főleg hidrogén és néhány más könnyű elem – semleges állapota azután változott meg, hogy a tömegvonzás hatására összecsomósodó gázban begyulladtak az első csillagok. Ezek sugárzásukkal a környező anyagot szinte teljes egészében ionizálták. E folyamat kezdetéről egyelőre csak közvetett információk, elméleti modelljeink és számítógépes szimulációink vannak. A reionizáció pontos idejének és lefolyásának felderítése ugyanakkor elvezethet bennünket az első csillagok kialakulásának megértéséhez is. Az ez irányú kutatások terén a közeljövőben áttörés várható a már tervbe vett és épülő új megfigyelő műszerektől, különösen az alacsony frekvenciájú rádióhullámok tartományában működő kiterjedt teleszkóphálózatoktól. Mostani cikkünkben röviden bemutatjuk, hogy melyek azok a legtávolabbi objektumok, amelyeket ma meg tudunk figyelni, és mire számíthatunk a közeljövőben.

### Színképvonalak és vöröseltolódás

A kozmológiai léptékű távolságok megmérésére *színképvonalakat* kell segítségül hívnunk. Az univerzum s vele együtt minden hosszúság tágulásával az elektromágneses sugárzás hullámhossza is nagyobbá válik. A színképvonalak helyének a laboratóriumokban mért hullámhosszakhoz viszonyított megváltozása, a *vöröseltolódás* ( $z$ ) szerencsés esetben jól meghatározható. A tágulási arány  $(1+z)$ , amiből a kozmológusok – a megfelelő modelljeik segítségével – ki tudják számítani a most a műszereinkbe érkező sugárzás eredetének időpontját és a távolságát is.

Az univerzum anyagát a fejlődés korai szakaszában úgy képzelhetjük, mint forró plazmát, amiben a főleg hidrogénből, illetve héliumból álló anyag *ionizált állapotban* volt: az atommagok és elektronok nem tudtak huza-

mosabb ideig kötött rendszert alkotni. A tágulással együtt járó hűlés hatására egy idő után ( $z=1100$  körül, vagy másképpen kb. 400 ezer évvel az ősrobbanás után) a sugárzás fotonjainak energiája a hidrogén ionizációs energiája alá csökkent: egy-egy proton és elektron (vagyis hidrogénatom) immár tartósan kötött állapotban maradhatott. Ezt a folyamatot szokás *rekombinációnak* hívni. A fotonok innentől kezdve szabadon „útnak indulhatnak”, annak a veszélye nélkül, hogy – néhány különleges helytől eltekintve – bárhol is szóródnának. Ezek a fotonok alkotják a háttérsugárzást, amelynek intenzitási csúcsa mára a tágulás miatt a mikrohullámok tartományába tolódott. Valójában a mikrohullámú háttérsugárzás megfigyelése az, amellyel a legkorábbra „láthatunk” a világegyetem történetébe – legalábbis az általunk megszokott, közvetlen módon, valamiféle elektromágneses sugárzás detektálása révén. A háttérsugárzás fontos tulajdonsága, hogy a rá jellemző hőmérséklet irányfüggő változásai legfeljebb százezred résznyiek, más szóval a fotonok lecsatolódásának idején a világegyetem igencsak „sima” volt.

A rekombináció befejeztével az anyag elektromosan *semleges atomokból* állt. Ez volt az az időszak, amikortól a *tömegvonzás* fontos szerepet kezdett játszani a ma megfigyelhető univerzum alakításában. Az akkor meglevő igen apró fluktuációk a gravitáció hatására erősödhetek fel annyira, hogy ma galaxishalmazokat, galaxisokat, csillagokat vagy bolygókat láthatunk, vagyis az anyag eloszlása egyáltalán nem tűnik egyenletesnek. Azok a térrészek, ahol egy picivel nagyobb volt a sűrűség, idővel (évmilliók elteltével) összehúzódtak; ott csillagok és galaxisok formálódtak. Ha csak az elektromágneses sugárzása alapján észlelhető, ún. „világító” anyag mennyiségével számolnánk, ez az összehúződés sokkal tovább tartott volna. A galaxisok ma látható eloszlását csak akkor tudjuk modelljeinkkel reprodukálni, ha feltételezzük, hogy a gázon kívül még valami másnak is kellett ott lennie. Ez a máig rejtélyes valami a *sötét anyag*, ami csak közvetve, a világító anyagra gyakorolt tömegvonzása nyomán lepleződik le előttünk. Mindenesetre a kozmikus anyagsűrűség kb. 85%-át (!) ez a sötét anyag teszi ki.

A ma ismert legtávolabbi galaxisok és kvazárok vöröseltolódása 6,5–7 körüli (Fan 2006, Jiang és tsai. 2008). Ez azt jelenti, hogy kb. 800 millió évvel az ősrobbanás után már léteztek ilyen nagyméretű objektumok, amelyeknek természetesen a kialakulásához is kellett némi idő. A kutatók akár egy évtizeddel ezelőtt is nehezen tudták volna megmagyarázni az ilyen távoli, kifejezett, nagy tömegű „anyagszigetek” létét. Mára már készültek olyan *szimulációk* (pl. Springel és tsai. 2005), amelyek meggyőzően képesek visszaadni azt, amit látunk. Ezek a modellek össze tudják kötni a mikrohullámú háttérsugárzás fluktuációira vonatkozó mérési eredményeket a galaxisok most látható nagyléptékű eloszlásával. Ez utóbbinak a feltérképezésére az

elmúlt néhány évben nagyszabású felmérési programokat végeztek (ezekről kitűnő összefoglaló olvasható a tavalyi Csillagászati évkönyvben, Szabó 2008). Arról, hogy  $z=1100$  és  $z=7$  között milyen égitestek léteztek, csupán többé-kevésbé jól megalapozott (vagy annak tűnő) elképzeléseink vannak, közvetlen megfigyelési adataink azonban egyelőre nincsenek.

## A sötétség korának vége: az első csillagok

Az univerzumban megfigyelhető szerkezetek elképzeléseink szerint *hierarchikusan*, a kisebb egységektől a nagyobbak felé épültek fel. Ahhoz, hogy az ősrobbanástól számított 1 milliárd éven belül már galaxisok és kvazárok ragyogjanak, az első csillagoknak már jóval korábban be kellett gyulladniuk. A csillagok a gáz összehúzódásával járó sűrűség- és hőmérséklet-növekedés következtében kezdik fúziós energiatermelésüket. A legelső csillagok valószínűleg 100 naptömegnyiek lehettek, s létrejöttükig legalább 30 millió évnek kellett eltelnie. A csillagok első nemzedékeinek megszületése azért is fontos volt, mert megindította az univerzumot kitöltő hidrogéngáz újbóli ionizációját.

A világegyetemben meglevő atomos hidrogén *Lyman-alfa* színeképvonalának laboratóriumi hullámhossza 121,6 nm. A látóirányba eső hidrogén eloszlását vizsgálhatjuk úgy, hogy a háttérben fénylő távoli kvazárok emissziós színeképeben megkeressük a Lyman-alfa elnyelési vonalakat. A különböző távolságoknak megfelelő különböző vöröseltolódások miatt ezek az abszorpciós vonalak más és más hullámhosszaknál jelennek meg a színeképben (1. ábra). A tapasztalat azt mutatja, hogy a galaxisközi hidrogéngáz kb.  $z=6$ -tól egészen mostanáig ( $z=0$ ) gyakorlatilag teljesen ionizált állapotban van. Ezért az ún. *reionizációért* a nagyenergiájú fotonok forrásai, elsősorban a csillagok a felelősek.

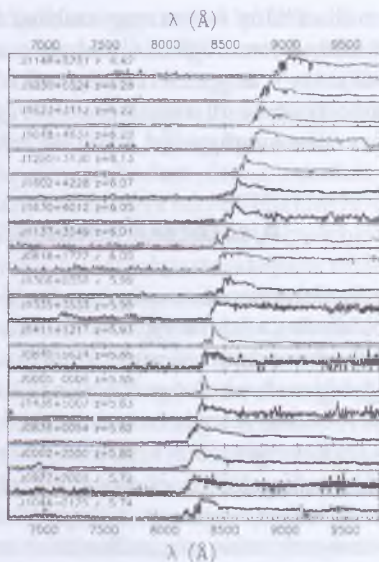
A Lyman-alfa elnyelés annyira hatékony, hogy ha a világegyetemben feltehető összes hidrogénnek akár csak a 0,01%-a atomos állapotban lenne, akkor a távoli kvazárok fényét abban az irányban az előtérbeli hidrogénatomok teljesen elnyelnék (Gunn–Peterson-jelenség). Ahogy időben visszafelé nézve egyre közeledünk a reionizáció pillanatához, úgy válik egyre teljesebbé az elnyelés: ahol elegendő mennyiségű, alapállapotú elektront tartalmazó hidrogénatom található, ott tökéletes az abszorpció.

A reionizáció „pillanatáról” beszéltünk, holott annak nyilván hosszabb folyamatnak kellett lennie, amelynek már csak a vége tehető a  $z=6-7$  közötti korszakra. Korábban (talán  $z=14$  körül, az univerzum 300 millió éves korá-



ban) az első felfénylő csillagok sugárzása saját közvetlen környezetük hidrogénjét ionizálta. Később ezek a tartományok fokozatosan összeértek. A semleges hidrogén csupán elszigetelt, a galaxisok közti teret behálózó felhők anyagában maradhatott jellemző – ezektől származik a kvazárok színképben megfigyelhető Lyman-alfa elnyelési vonalak „erdeje”.

A reionizáció kezdetének hozzávetőleges idejére a mikro-hullámú háttérsugárzás nagy szögskálájú polarizációjának megméréseiből tudtak következtetni, amire a 2001-ben indított amerikai WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe) űrszondával nyílt először lehetőség. A polarizációs jel megléte azzal van összefüggésben, hogy a szabad elektronok megjelenésével a háttérsugárzás fotonjai kölcsönhatásba kerülhettek velük (Thomson-szórás). A reionizációs folyamat időben és térben is nagy változosságot mutathatott: nem minden irányban ugyanakkora mértékben, nem ugyanolyan gyorsan zajlott le.



1. ábra. Tizenkilenc, a Sloan Digitális Égboltfelmérés (SDSS) során felfedezett távoli ( $z > 5,7$ ) kvazár alacsony felbontású színképe. A teljes elnyelés (Gunn–Peterson-vályú) jól látható a felső, legtávolabbi ismert kvazárok színképében, közvetlenül a – lentről felfelé egyre nagyobb mértékben vöröseltolódott – Lyman-alfa emissziós vonal bal oldalán (Fan 2006). A hullámhosszak a vízszintes tengelyen angström egységben vannak feltüntetve ( $1 \text{ nm} = 10 \text{ Å}$ ).

## A korai galaxisok és kvazárok

Az aktív galaxismagok (kvazárok) az ionizáló ultraibolya fotonoknak bőseges forrásai. Kimutatható azonban, hogy  $z=6$  környékén a számuk – és így az ionizáló képességük – távolról sem lehetett elegendő az univerzum semleges hidrogénjének átalakításához. Nemi bizonytalanságot okoz, hogy ekkora távolságból egyelőre inkább csak a legnagyobb teljesítménnyel sugárzó kvazárokat ismerjük. Tény, hogy ezek sűrűsége az időben



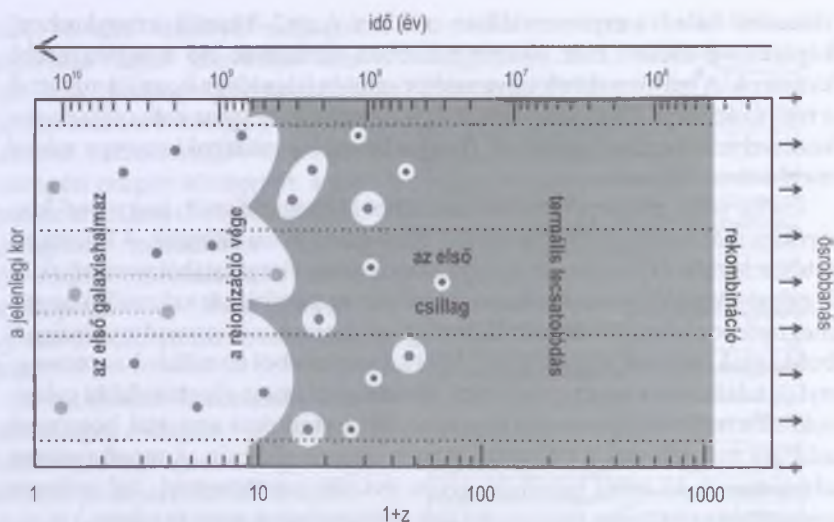
visszafelé haladva exponenciálisan csökken. A  $z=2-3$  körüli „aranykorhoz” képest  $z=6$  mellett már 40-szer ritkábban fordulnak elő a legfényesebb kvazárok. A halványabbak ugyanakkor szintén jelentősen hozzájárulhattak a reionizációhoz. Összességében mégis úgy tűnik, hogy az erős csillagkeletkezés jellemezhető galaxisok (vagyis bennük a csillagok) szerepe sokkal meghatározóbb volt.

Elsőre talán meglepő módon az utóbbi időben kiderült, hogy  $z=6$  környékén már nagyméretű, „öregnek” tűnő galaxisok is láthatók. A következőtést a legtávolabbi kvazárok anyaggalaxisainak vizsgálatából vonhatjuk le. E galaxisok mintegy harmadában nagy mennyiségű (akár százmillió naptömegnyi) por jelenlétét mutatták ki. Egy esetben szén-monoxid nyomaira is bukkantak, ami azt jelenti, hogy ebből a molekulából tízmilliárd naptömegnyi (!) található az adott galaxisban. Mindez, valamint a legtávolabbi galaxisoknak a mostaniakhoz feltűnően hasonló fémtartalma arra utal, hogy ezek addigra már túlestek a csillagkeletkezés számos ciklusán. A megfigyelések alapján  $z=8-15$  körül beinduló gyors, évi 100 naptömegnyi „új” csillagot produkáló keletkezési folyamatot kell feltételeznünk galaxisonként.

Ha – mint korábban láttuk – időben visszafelé haladva a semleges hidrogén ilyen jelentős fényelnyelést produkál, akkor más módszerhez kell folyamodnunk, ha még régebbi kozmológiai korokat akarunk megfigyelni. Az atomos hidrogén feltérképezéséhez kitűnő eszközt adhat annak nevezetes *rádió-színképvonala*. Az alapállapotban levő hidrogénatomban az elektron kétféleképpen helyezkedhet el. Attól függően, hogy az elektron és a proton spinje ellentétes vagy párhuzamos, kicsit más a két állapot energiaszintje. A két állapot közti spontán átmenet valószínűsége rendkívül kicsi. Mivel a csillagközi és galaxisközi hidrogéngázban rengeteg atom található, a két állapot közti hiperfinom átmenetből adódó elektromágneses sugárzás mégis megfigyelhető. A jelenséget 1944-ben jósolták meg elméletileg, majd a megfigyelési technika fejlődésével az 1950-es évek elején sikerült először észlelni a Tejútrendszerből. Az így kibocsátott elektromágneses sugárzás „nálunk itthon”, vagyis  $z=0$ -nál a 21 cm-es hullámhosszú rádiótartományba esik.

## Lássuk a hidrogént!

A reionizáció korszakából származó hidrogén rádió-színképvonala – a világegyetem tágulása következtében – a még nagyobb hullámhosszak (alacsonyabb rádiófrekvenciák) felé tolódik el. Így a hidrogénvonal eredetileg 1,42 GHz-es frekvenciájából például alig 200 MHz lesz, ha a sugárzás egy  $z=6,5$ -es vöröseltolódású hidrogénfelhőből érkezik. Ennek a megfigyelésé-



2. ábra. Az univerzum történetének vázlatos ábrázolása (Barkana 2006). A vízszintes tengelyről felfelé az ősrobbanás óta eltelt, jobbról balra növekedő idő olvasható le, években. Alul a vöröseltolódással ( $z$ ) mérhető tágulási faktor ( $1+z$ ) látható. A galaxisközi hidrogén jellemzően ionizált állapotát világos, a semleges hidrogénét szürke szín jelöli. A rajzon megjelöltük a világegyetem történetének néhány jelentős állomását. A csillagok olyan galaxisokban keletkeztek, amelyekhez a „hozzávalók” a sötét anyag egyre növekvő potenciálvölgyeiben gyűltek össze. Ezek jellemző mérete kezdetben 300 fényév volt, később, a reionizáció kezdetére 3000 fényévmire növekedtek. Napjainkra a tipikus galaxisok – mint például saját Tejútrendszerünk – a sötét anyag nagyjából 600 ezer fényévmire kiterjedő csomóiban helyezkednek el. A teret kitöltő gáz tulajdonságait a háttérből jövő elektromágneses sugárzás elnyelődése alapján tudjuk vizsgálni.

re külön rádióteleszkóp-hálózatokat kell építeni. Hálózatra azért van szükség, mert a hullámhossz növekedésével arányosan csökken a műszer felbontóképessége, amit csak a méretének növelésével lehet ellensúlyozni. Az egymástól nagy távolságban elhelyezett rádióantennákkal felfogott jelek kombinálásával egy akkora képzeletbeli teleszkóp állítható elő, mint amekkorára az antennaelemek távolsága. Egy másik komoly gyakorlati problémával is meg kell küzdeni a méteres rádióhullámhosszakon: az emberi tevékenység okozta erős, zavaró háttérzajjal.

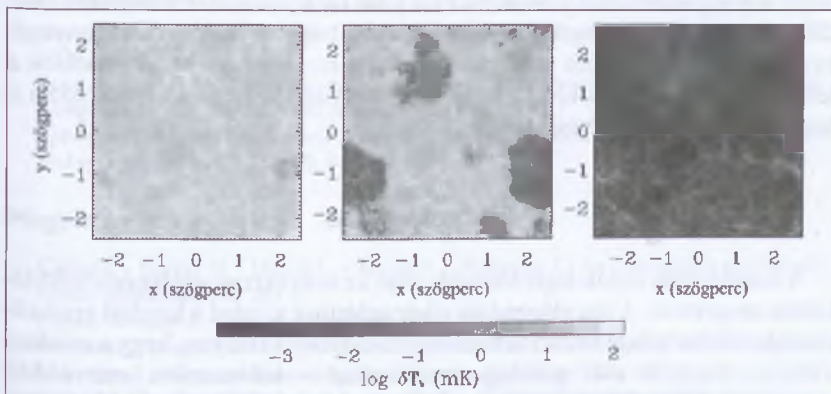
Az egyik ilyen, éppen most létesülő rádióantenna-rendszer hollandiai központtal épül. A LOFAR (Low Frequency Array, alacsony frekvenciás hálózat) megálmodói azt tervezik, hogy a hidrogéntől származó elnyelést (abszorpciót) detektálják nagy, a reionizáció korának megfelelő vöröseltolódásoknál. Ehhez a „háttér-megvilágítást” a mikrohullámú háttér-su-

gárázás szolgáltatná, amely az égbolt minden irányából észlelhető. A háttérsugárzás tulajdonképpen a legrégebbi eredetű elektromágneses sugárzás, s így mintegy átvilágítja az egész univerzumot.

Ezzel a módszerrel elvileg a semleges hidrogén teljes feltérképezése megoldható lenne, egészen addig a távolságig visszanzéve, amikor az univerzum anyagának hőmérséklete a háttérsugárzásé alá csökkent (kb. 6 millió évvel az ősrobbanás után). E felmérés ráadásul nem csak az égbolt „síkjára”, de mindhárom térbeli dimenzióra kiterjedne, hiszen a színképvonal vöröseltolódásának méréséből a látóirányú távolságra vonatkozó információt is nyerhetünk. A szükséges érzékenységet egy négyzetkilométeres össz-gyűjtőfelületű antennahálózattól (*Square Kilometre Array*, SKA) remélhetjük. Ez a jövő rádiócsillagászati kutatásait meghatározó berendezés széles nemzetközi összefogással készül. Még nem dőlt el, hogy Dél-Afrikában vagy Ausztráliában építik-e meg. Első tudományos eredményei – még ha egyelőre kisebb gyűjtőfelületet használva is – 2015-től várhatók.

Addig is, amíg az SKA el nem készül, a galaxisközi hidrogén ionizációs fokának fejlődését statisztikai módszerrel is lehet kutatni. A 21 cm-es sugárzás égi eloszlásában levő fluktuációkat az ionizált „buborékok” okozzák. Ezeket hasonló módon lehet vizsgálni, mint ahogy azt a mikrohullámú háttérsugárzás esetében is teszik.

Egy galaxisközi felhő képe a semleges hidrogén színképvonalának hullámhosszán egy sor jellemző fizikai paramétertől függ. Ilyen a sűrűség, a hő-



3. ábra. A hidrogén kozmológiai fejlődését illusztráló szimuláció „pillanatfelvételein” a sötét részek az ősi protogalaxisok körüli ionizált gázt jelölik. A fényes régiók sűrű, semleges hidrogénből (HI) álló felhők, amelyek a reionizáció korának végére szinte teljesen eltűnnek (Furlanetto és munkatársai, 2004). A három kép a folyamat korai, közbelső és végső állapotát jellemzi. A megfelelő vöröseltolódások: 12,1, 9,6 és 7,2.



mérséklet, illetve a semleges és ionizált hidrogén aránya. Az égbolton megfigyelhető fluktuációk mindezekről hűen tájékoztatják majd a megfigyelt, az első ionizáló források (csillagok) megjelenésétől kezdve a reionizációs folyamat végéig (3. ábra). Kiderül majd, hogy miképp növekedtek az univerzum nagy szerkezeti elemei, hogyan – inkább lökéshullámok vagy a sugárzás – révén fűtötték az elsőként megjelenő égitestek a környezetükben levő anyagot. Ilyenformán nem csak a hidrogéngázról, de a rá ható, ma még gyakorlatilag ismeretlen égitestek működéséről, fejlődéséről is képet kapunk.

A távoli, halvány rádiójelek észlelését körülményessé teszi, hogy az előtérből érkező, kozmikus eredetű sugárzás nagyjából tízezerszer akkora intenzitású! Itt a közelebbi rádiógalaxisokból érkező jelekre, illetve a Tejútrendszer diffúz rádiósugárzására kell gondolni. A reionizáció korának megfigyelése ennek ellenére mégsem reménytelen. A bennünket érdeklő jeleket megfelelően választott mérési technikával „felerősíthetjük”, ha a megfigyelési frekvenciában (vagyis vöröseltolódásban) egymáshoz közel készült különálló képeket egyszerre elemezzük, összehasonlítjuk. Ki lehet használni, hogy az előtérből érkező sugárzás színeke egészen eltérő. Nehezíti még a megfigyeléseket a földi ionoszféra hatása, illetve az emberi tevékenység nyomán keletkező zavaró interferencia (pl. rádiós és televíziós adások, mobil távközlési eszközök). A hidrogén 21 cm-es színképvonalának sávját ugyan nemzetközi egyezmények védik, de ebben az esetben ez nem segít: a nagy vöröseltolódások miatt a több méteres hullámhosszakra tolódik a beérkező rádiósugárzás. Nem véletlen, hogy az SKA-t olyan, lényegében lakatlan helyen kell megépíteni, ahol a mesterséges zavaró hatások a lehető legkisebbek a Földön. (A távlati álmokban még a Hold túlsó oldala is szerepel mint ideális megfigyelőhely.)

## Összefoglalás

A kozmológia egyik legfontosabb célja az univerzum szerkezeti fejlődésének megértése. A ma elfogadott elképzelésünk szerint a kezdeti apró sűrűségkülönbségek gravitációs hatásra erősödtek fel annyira, hogy a mostani világegyetemben már gazdag struktúrákat – hálószerűen szerveződő galaxishalmazokat, galaxisokat – találjunk. A kozmikus mikrohullámú háttérsugárzás vizsgálatával mostanra elég pontosan körvonalazódtak a folyamat kezdeti feltételei. Másrészt kb.  $z=6-7$ -es vöröseltolódásig visszatekintve, a meglevő csillagászati műszereinkkel részletesen kutathatjuk a galaxisokat és kvazárokat. A világegyetem történetének egy fontos és hosszú –



a fenti két időpont közé eső – korszaka azonban jelenleg még kívül esik a megfigyelési lehetőségeinken. Az első csillagoknak otthont adó protogalaxisokról, azok keletkezési történetéről, jellemző tömegéről, fejlődéséről nincsenek közvetlen ismereteink.

Az első csillagok és galaxisok, illetve kvazárok sugárzása árulkodó nyomokat hagyott a környezetükben levő galaxisközi anyagon. A világegyetemben a semleges hidrogén idővel szinte teljes egészében ionizálódott. Már most gyanítható, hogy a reionizáció története hosszú és eseménydús volt. Nem kizárt, hogy végső állapotát több fejlődési hullámban érte el. A semleges hidrogéntől származó 21 cm-es rádió-színképvonal vizsgálatával, új érzékeny rádióteleszkóp-hálózatok megépülésével a közeljövőben lehetővé válik a reionizáció folyamatának térbeli és időbeli felderítése. Ezzel együtt megismerjük a gáz állapotát meghatározó égítetek fejlődéstörténetét is, visszapillantva egészen addig az időszakig, amikor véget ért a „sötét-ség” kozmológiai korszaka.

### Irodalom:

- Barkana, R.: The First Stars in the Universe and Cosmic Reionization. *Science*, 2006, 313, 931. o.  
Fan, X.: Evolution of high-redshift quasars. *New Astronomy Reviews*, 2006, 50, 665. o.  
Fan, X. – Carilli, C.L. – Keating, B.: Observational Constraints on Cosmic Reionization. *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, 2006, 44, 415. o.  
Furlanetto, S. R. – Sokasian, A. – Hernquist, L.: Observing the reionization epoch through 21-centimetre radiation. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 2004, 347, 187. o.  
Jiang, L. és tsai: A Survey of  $z \sim 6$  Quasars at the SDSS Deep Stripe. I. A Flux-Limited Sample at  $z_{AB} < 21$ . *Astronomical Journal*, 2008, 135, 1057. o.  
Springel, V. és tsai: Simulations of the formation, evolution and clustering of galaxies and quasars. *Nature*, 2005, 435, 629. o.

### Magyar nyelvű irodalom:

- Csabai I. – Purger N. – Dobos L. – Szalay S. – Budavári T.: Az Univerzum szerkezete. *Fizikai Szemle*, 2007/12, 385. o.  
Frey S.: Kvazárok. *Csillagászati évkönyv 2003*, 222. o.  
Haiman Z.: Hogyan ért véget a kozmológiai sötétkor? *Fizikai Szemle*, 1999/6, 229. o.  
Mészáros A.: Napjaink kozmológiája. *Csillagászati évkönyv 2002*, 203. o.  
Szabó M. Gy.: Égboltfelmérések kozmológiája. *Csillagászati évkönyv 2008*, 266. o.

### Internetes honlapok:

- Low Frequency Array: <http://www.lofar.org>  
Square Kilometre Array: <http://www.skatelescope.org>

**Kiss László**

## **Válogatás a változócsillagászat új eredményeiből**

A változócsillagok vizsgálata népes szakembergárdát vonzó kutatási terület, évente több száz szakcikkkel, így minden újdonságról képtelenség lenne teljességre törekvő összefoglalást közölni. Az alábbiakban néhány részterület érdekesebb eredményeiből válogatunk, részben egyedi objektumok vizsgálatait, részben a technikai fejlődésnek köszönhetően kifejlesztett új módszereket ismertetve.

### **Új trendek a változócsillagok kutatásában**

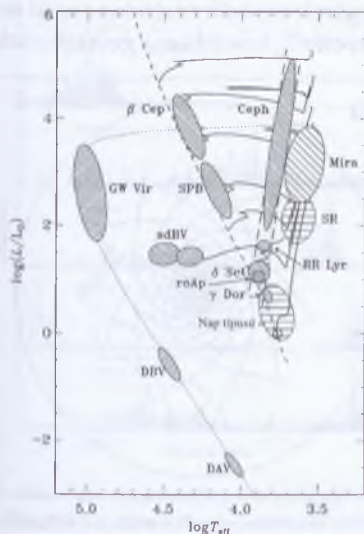
A csillagászati műszertechnika bámulatos fejlődésen ment keresztül az elmúlt másfél-két évtizedben, amit nagyon jól tükröznek a szakirodalomban megjelenő eredmények. Még az 1990-es évek elején publikált változócsillagászati tanulmányok jelentős része is egy-egy csillag vizsgálatáról szólt, melyekben maximum néhány fős kutatócsoportok egy-két műszerrel, egy-két láthatóság alatt begyűjtött adatait elemezték. Akkoriban még a leg-rangosabb szakfolyóiratokban is közölhető volt egy új változócsillag felfedezése, különösen ha valamilyen ritkább típus új tagjáról volt szó.

A nagy pontosságú idősorokat szolgáltató égboltfelmérések számtalan klasszikus kutatási témát elértéktelenítettek (pl. új változócsillagok felfedezése, egy frissen felfedezett csillag első fénygörbéjének felvétele, klasszifikálás, fenomenologikus leírás), amivel párhuzamosan sok új lehetőség nyílt meg az egyre nagyobb számítástechnikai apparátust igénylő változócsillagászati kutatásokban. A Hipparcos asztrometriai műhold a fényes csillagokat, a gravitációs mikrolencse-jelenségeket kereső MACHO, OGLE és EROS programok (korlátozott élefedettséggel) a halványabb csillagokat szűrték át változásokra vadászva (Kolláth és Beaulieu 1997, Szabados 2000). Az utóbbi néhány évben a fedési exobolygókat kereső programok (HATNet, SuperWASP, UNSW/APT stb.) szállítják ezerszámra az újonnan felfedezett változócsillagokat, egyre több színben egyre pontosabb fénygörbéket szol-

gálatva korábban elképzelhetetlen mennyiségben és minőségben. Mára a szakma érdeklődésének súlypontja eltolódott a sok hasonló objektum statisztikus vizsgálatán alapuló kutatások felé, melyek teljesen új fénybe helyezhetnek klasszikus témákat is (l. pl. Kiss 2005).

Természetesen, jól megválasztott egyedi égitestek mérései széles hullámhossztartományon, földi és űrtávcsövek adatainak kombinálása, esetleg ultraprecíz megfigyelései továbbra is nagyon fontos eredményekre vezethetnek. Az exobolygók kimutatásának radiálissebesség-módszere vezetett el a m/s pontosságú sebességméréshez, aminek eredményeként ma már rutinszerűen kimérhetők és modellezhetők közeli Nap típusú csillagok konvektív rezgései. A távvezérelt, esetleg teljesen autonóm robottávcsövek mindössze néhány másodpercre (!) csökkentették a váratlanul felvillanó égi tranziensek műszeres detektálásának reakcióidejét. Mindezek mellett a „klasszikus” kutatási eszközök is tovább élnek, például alkalmi együttműködések keretében akár tucatnyi obszervatórium koordinált megfigyelési kampányai kínálnak másképpen megoldhatatlan problémákra megoldást.

## Asztroszeizmológia – csillagregések



I. ábra. Pulzáló változócsillagok a Hertzsprung-Russell-diagramon.

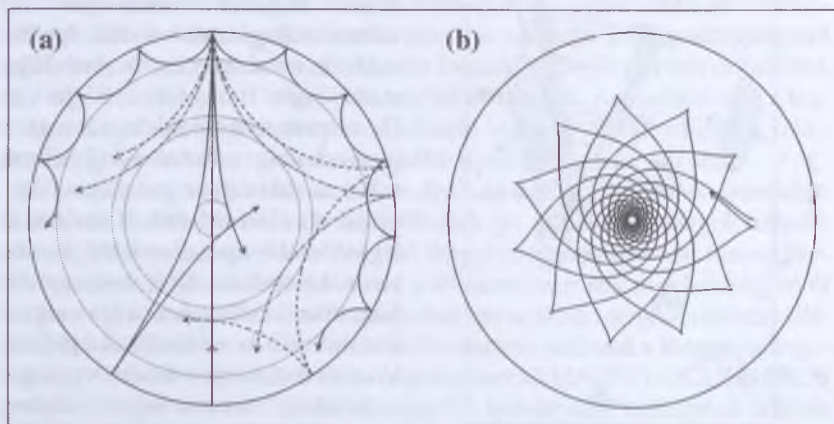
A pulzáló változócsillagok vizsgálata hagyományosan nagyon aktívan kutatott részterület a változócsillagászatban belül. Az elmúlt évtizedek kitartó munkája mára oda vezetett, hogy a Hertzsprung-Russell-diagramnak gyakorlatilag minden szegletében találunk valamilyen pulzáló csillagtípust (1. ábra). Mellékelt ábránk a legfontosabb típusokat jelöli, kezdve a konvekció által berezgetett Nap típusú csillagoktól a klasszikus instabilitási sáv változóin át a pulzáló vörös óriásokig és fehér törpékig.

Az elmúlt néhány évben érdekesen ismétlődő mintázatra derült fény több típusnál is. A fősorozat és az instabilitási sáv metszéspontjánál található  $\delta$  Scuti típusú válto-



zókhoz szorosan kapcsolódnak a valamivel alacsonyabb hőmérsékletű  $\gamma$  Dor típusú csillagok. Mindkét csoportba nagyon hasonló objektumok tartoznak, csak éppen rezgéseik különböznek markánsan: a  $\delta$  Scuti-k p-módusú, azaz nyomáshullámokként terjedő rezgéseivel ellentétben a  $\gamma$  Dor-ok g-módusú pulzálók, ahol a visszatérítő erő a gravitáció (hasonlóan például a fodrozódó vízfelszínen haladó hullámokhoz). Ugyanezt a kettőséget látjuk a forró és nagy luminozitású  $\beta$  Cephei és lassan pulzáló B típusú (Slowly Pulsating B-type, SPB) csoportnál, illetve az 1990-es évek második felében felfedezett pulzáló B típusú szubtörpéknél (sdB), amelyek g-módusú „rokonságát” csak 2003-ban találták meg (Green és mtsai 2003). A g-módusú rezgések általában egy-két nagyságrenddel hosszabb periódusúak, mint a p-módusú megfelelőik, így pl. a p-módusú sdB csillagok néhány perces rezgése mellett a g-módusú B szubtörpék több órás periódusokkal és kisebb amplitúdókkal oszcillálnak. Ez egyben magyarázatot ad a g-módusú csoportok kései felfedezésére: a viszonylag hosszú periódusok és a gyakran század magnitúdót el sem érő amplitúdók egyértelmű kimutatása nagyon precíz méréseket igényel. Az új eredmények fényében már nemcsak triviális elméleti állítás, hanem megfigyelésekkel is igazolt tény, hogy lényegében minden csillag rezeg a sajátfrekvenciáin, csak éppen a rezgések kimutatása igényelhet igen nagy mérési pontosságot.

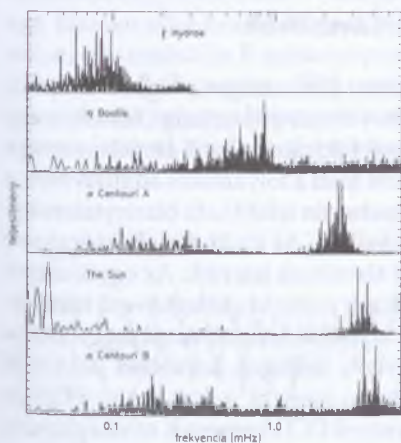
Az asztroszeizmológia célja a csillagrezgések modellezésén keresztül információkat nyerni a csillagok belső szerkezetéről, hasonlóan a geofizikusok



2. ábra. Hullámterjedés a Nap belsejében. Balra: a felszín közelében gerjedő p-módusok behatolási mélysége erősen függ a frekvenciától: minél nagyobb a frekvencia, azaz rövidebb a hullámhossz, annál inkább a felszín közelében marad az adott hullám. Jobbra: a mag közelében gerjedő g-módusok nem képesek kijutni a csillag felszínéig.



földrengéshullámokon alapuló vizsgálataihoz (2. ábra), melyek feltárták Földünk belső felépítésének részleteit. A különböző típusú pulzáló változókra eltérő sikerességgel lehet alkalmazni a szeizmikus megfontolásokat. A legmagasabb szint az ún. szeizmikus inverzió, amikor a megfigyelt rezgési állapotokból rekonstruálni lehet a csillagon belüli hangsebesség, hőmérséklet, sűrűség stb. változásait a csillagmagtól mért távolság függvényében. Mindaddig kevés csillagra sikerült a teljes inverzió, aminek egyik fő oka az, hogy a módszer legjobban olyan csillagokra használható, melyekben egyszerre nagyon sok (több száz, néhány ezer, vagy még több) rezgési állapot gerjesztődik. Legnagyobb sikereket a Nap rezgéseinek modellezése könyvelhet el, de hasonlóan eredményes volt néhány fehér törpe,  $\beta$  Cephei és gyorsan oszcilláló Ap (roAp) csillag elméleti számításokkal való összevetése. Ezek eredményeként valódi precíziós asztrofizika válik lehetővé, amikor is a szeizmikus analízisből kapott paraméterek (pl. tömeg, sugár, hőmérséklet, csillagmag mérete) pontossága már lehetővé teszi a csillagfejlődési elméletek tesztelését. Jó példa erre a  $\beta$  Hydri Nap típusú csillag esete, ahol a rezgési frekvenciák és interferometriai korongátmérők kombinálása 0,9% pontosságú sugarat, 0,7% pontosságú hőmérsékletet és 2,8% pontosságú tömeget eredményezett, ami magányos csillagra korábban elképzelhetetlen pontosság volt (North et al. 2007).



3. ábra. Nap típusú csillagok sebességgörbéinek teljesítményspektrumai. A luminozitás alulról felfelé nő, s jól látszik, hogy a konvektív rezgések frekvenciacsomagjai hogyan tolódnak el az egyre kisebb frekvenciák felé.

A  $\delta$  Scuti csillagok asztroszeizmológiája sokkal keményebb diónak bizonyult, mint akár 10–15 évvel ezelőtt gondoltuk. A terület szakemberei hihetetlen koordinációt igénylő észlelési kampányokkal több tucat rezgési módus frekvenciáját mérték ki jól megválasztott célpontokra (pl. FG Vir – 79 frekvencia; 4 CVn – 34 frekvencia; XX Pyx – 30 frekvencia; 44 Tau – 29 frekvencia; EW Cnc – 41 frekvencia; EX Cnc – 26 frekvencia), ám egyértelmű szeizmikus modellt egyetlen esetben sem sikerül megalkotni. Ezt részben az okozza, hogy szemben pl. a Nap típusú rezgések nagyon jellegzetes, így könnyen azonosítható frekvenciaeloszlásával (egymásra rakódó, jó közelítéssel

egyenközű csúcs-sorozatok a spektrumban), a  $\delta$  Scuti csillagok rezgési módusait nagyon nehéz pontosan azonosítani. Következésképpen még több tucat módus sem ad elegendően szoros megkötést, így több, egymással ekvivalens modell is ugyanolyan jól visszaadja az észlelt frekvenciákat. A nehézségeket jól illusztrálja pl. az a nemzetközi kampány, amelyben négy kontinens 8 obszervatóriumának 0,6–2,1 m-es távcsövei (köztük az MTA KTM CSKI piszkéstetői műszerei is) 43 napon keresztül szinte teljesen folyamatosan észlelték az M67 nyílthalmaz két  $\delta$  Scuti típusú csillagát, s még a detektált 41 és 26 frekvencia sem vezetett egyértelmű szeizmikus modellre (Bruntt et al. 2007).

## Irodalom

- Breger, M., és mtsai, 2005, *A&A*, 435, 955  
Breger, M., 2007, *Comm. Asteroseis.*, 150, 25  
Bruntt, H., és mtsai, 2007, *MNRAS*, 378, 1371  
Cunha, M. S., és mtsai, 2007, *Astron. Astrophys. Rev.*, 14, 217  
Green, E. M., és mtsai, 2003, *ApJ*, 583, L31  
North, J. R., és mtsai, 2007, *MNRAS*, 380, L80

## Fotometriai űrtávcsövek

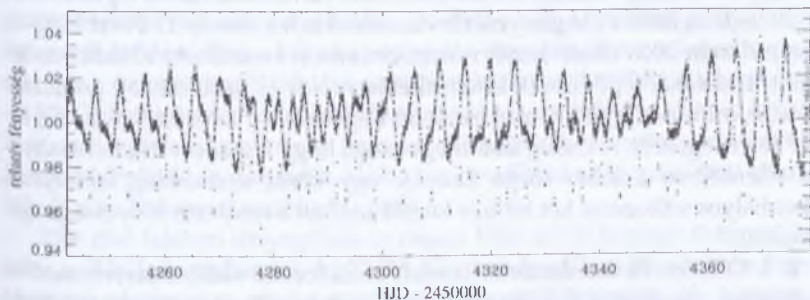
A földi távcsövekkel elérhető fotometriai pontosságot a légköri hatások, elsődlegesen a szcintilláció és az időben változó átlátszóság (felhők) nagy mértékben korlátozzák. Emellett egy adott földrajzi helyről általában a napalok és éjszakák váltakozása lehetetlenné teszi a folyamatos adatfelvételt, s így a fénygörbék periodikus kihagyásai nehezen feloldható bizonytalansághoz vezetnek a periódusok meghatározásában. Az említett nehézségekre a megoldást az űrbe telepített fotometriai távcsövek jelentik. Az egyik úttörő programban a WIRE infravörös-csillagászati műhold csillagkövető kameráját használták, amely a fő szonda folyékonyhélium-tartályának megsérülése után egyetlen működő műszerként fényes csillagok korábban példátlan pontosságú fotometriai vizsgálatait alapozta meg (pl.  $\alpha$  Boo,  $\alpha$  Aql,  $\alpha$  Cen,  $\alpha$  CMi). Az alig 5 cm-es teleobjektív és egyszerű CCD kamera K színképtípusú óriáscsillagok szisztematikus fotometriai felmérését is elvégezte, amelynek alapján asztroszeizmológiai tömegek váltak meghatározhatóvá.

A legnagyobb hatású űrbéli fotometriákat természetesen az erre tervezett speciális űrtávcsövek végezték, melyek közül eddig kettő valósult meg, a MOST és a CoRoT. „Kanada első űrtávcsöve” – ez a mindössze bőrdny

méretű és egy 15 cm-es távcsövet rejtő MOST (Microvariability and Oscillations of STars) műhold szlogenje. Az 1997-ben megkezdett tervezés folyamat hat évvel később, 2003 júniusában vezetett Föld körüli pályára állításhoz, s így lassan öt éve gyűlnek a 0–8 magnitúdós csillagok mérési adatai. A francia vezetésű, ám széles körű nemzetközi együttműködésben megépült CoRoT (Convection, Rotation and planetary Transits) 2006 végén került Föld körüli pályára, s a fedélzetén működő 27 cm-es távcső azóta végzi méréseit a MOST célpontjaihoz képest valamivel halványabb csillagokról. Várhatóan 2009 elején csatlakozik hozzájuk a NASA Kepler műholdja, amelynek fedélzetén egy 95 cm-es belépő nyílású Schmidt-távcső fogja rögzíteni 105 négyzetfoknyi égitervet több tízezer csillagának fényességváltozásait több éven keresztül, megszakítás nélkül.

Mind a MOST, mind a CoRoT olyan speciális poláris pályán kering a Föld körül, amely lehetővé teszi egy adott égitervet csillagainak folyamatos mérését akár több hónapon keresztül. A MOST esetében az elért fotometriai pontosság a pontonkénti tízezred magnitúdó nagyságrendjébe esik, aminek köszönhetően a frekvenciaspektrumban a mikromagnitúdós nagyságrendű amplitúdójú rezgések is felismerhetők, míg a CoRoT első eredményei ezt a pontosságot is felülmúlni látszanak (4. ábra).

A MOST eddigi tudományos eredményei nagyon sokrétűek: Nap típusú csillagok rezgéseinek, foltos csillagok differenciális rotációjának kimutatása, egy Blazsko-effektusos RR Lyrae csillag nemradiális rezgéseinek valószínűsítése, egy emissziós B színektípusú csillag rezgéseinek kimutatása és mások. A CoRoT-csoport 2008 májusáig két fedési bolygó felfedezését jelentette be, míg egy Nap típusú csillag rezgéseit először mérték ki fotometriai módszerrel, modellezést is lehetővé tevő pontossággal.



4. ábra. A CoRoT-exo-2b fénygörbéjén jól elkülönülnek a foltos csillag forgásából eredő lassú hullámok és a forró Jupiter típusú exobolygó átvonulásait jelző éles elhalványodások.



A két műhold egyaránt igazolta a fotometriai űrtávcsövek koncepciójának erejét és megvalósíthatóságát. Miként a Hubble-űrtávcső a földi légkör zavaró hatásaitól mentes képalkotásával forradalmasította az optikai csillagászatot, úgy a szcintillációtól és felhőktől érintetlen kis fotometriai űrtávcsövek is korábban elképzelhetetlen pontosságot értek el. Ezek az adatok már kellően pontosak különböző elméletek valódi tesztelésére (pl. csillag-légkörök peremsötétedése, csillagfoltok mozgása és fejlődése, konvektív zaj és rezgések stb.). A következő években várhatóan sok új eredmény születik az űrbe telepített kistávcsövektől, a Kepler pályára állítása pedig fantasztikus távlatokat nyit az idősor-fotometriákat analizáló csillagászok előtt.

### Források

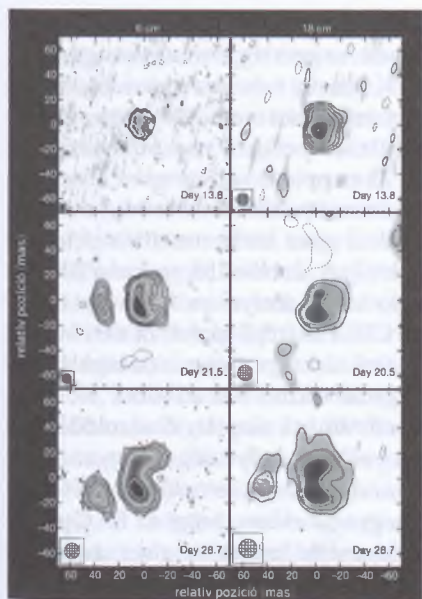
Stello, D., és mtsai, 2008, ApJ, 674, L53  
MOST: <http://www.astro.ubc.ca/MOST/>  
COROT: <http://smc.cnes.fr/COROT/index.htm>  
KEPLER: <http://kepler.nasa.gov/>

## Az RS Ophiuchi 2006. évi kitörése

Nóvarobbanások olyan kölcsönható kettőscsillagokban történnek, melyekben a kísérőjétől tömeget elszívó fehér törpe felszínén előállnak a termonukleáris robbanás fizikai feltételei. A számítások szerint a jelenség többször megismétlődik egy-egy rendszerben, nagyságrendileg ezer-tízezer éves időközönként. Jelenleg mintegy 10 olyan nóvát ismerünk a Tejútrendszerben és a Nagy Magellán-felhőben, amelyek ismétlődési ideje néhány év-évtized – ezeket hívjuk visszatérő nóváknak. Az RS Ophiuchi az egyik legközelebbi és legfényesebb visszatérő nóva, amely 21 évvel 1985-ös kitörése után 2006 elején ismét nóvarobbanáson esett át. Az időközben lezajlott technikai fejlődésnek köszönhetően földi és űrtávcsövek armadája észlelte, mindeddig páratlanul részletes képet adva a kitörésről és az azt kísérő jelenségekről. A csillag különlegessége, hogy legtöbb visszatérő nóvával ellentétben a fehér törpe kísérője egy vörös óriáscsillag, amelynek félszabályos változásai két kitörés között uralják a rendszer fényesség-ingadozásait.

T. J. O'Brien és munkatársai hosszú bázisvonalú rádió-interferometriai méréseket végeztek a Földön egymástól több ezer km távolságra található rádiótávcsövekkel. Megfigyeléseik két hullámhosszon történtek, két, három és négy héttel a 2006. február 12-i kitörés után. A durván 10 ezred





5. ábra. Az RS Ophiuchi rádiótérképe két hullámhosszon, két, három és négy héttel a 2006-os kitörés után (felülről lefelé). Jól látszik a rádiósugárzó lökeshullám tágulása, illetve gömbszimmetriától való eltérése.

Explorer (RXTE) röntgenműholddal észlelte az RS Oph kitörését a robbanás kezdetétől az első néhány napban. A röntgensugárzás jellemzői egy kifelé haladó lökeshullámra utaltak, amely két nappal a kitörés után lelassult a vörös óriásból eredő gázburokban. A sugárzás csökkenése szintén a gömbszimmetriától való eltérést igazolta, emellett pedig a ledobott gázhéj hamar bekövetkező lassulása a héj viszonylag kis tömegét, illetve a fehér törpe viszonylag nagy tömegét (kb. 1,4 naptömeg) jelezte. Utóbbi azt jelenti, hogy az RS Oph már egész közel jár az Ia típusú szupernóvává váláshoz, ami csillagászati léptéken hamarosan be is fog következni. Hasonló eredményekre jutott M. F. Bode és csoportja, akik a Swift műhold röntgenadatait elemezték, 3, 6 és 26 nappal a robbanás után.

2006 első felében lényegében az összes Föld körül keringő űrtávcső észlelte az RS Oph rendszerét. Az XMM-Newton és a Chandra röntgenobszervatóriumok nagyon részletes vizsgálatot tettek lehetővé (T. Nelson és munkatársai, J.-U. Ness és munkatársai): a kitörés utáni első hónapban kemény röntgensugárzás uralta a nagyenergiájú színpetet, benne hidrogén-

ívmásodperc felbontású rádiótérképeken (5. ábra) egyértelműen látszik a robbanás táguló lökeshulláma, amint áthalad a vörös óriás komponens csillagszele által létrehozott ritka gázfelhőn. Az objektum így nagymértékben hasonlít a nagy tömegű csillagok összeomlásával kialakuló II-es típusú szupernóvák maradványára, viszont fejlődésének időskálája a hónapos nagyságrendbe esik, szemben a szupernóva-maradványok évezredek alatt lejátszódó evolúciójával. Az észlelt szinkrotronsugárzás aszimmetriája valamint szerkezete (többszörös forrás volta) kizárta a gömbszimmetrikus anyagledobódás lehetőségét (amit az 1985-ös kitörés modellezésénél annak idején feltételeztek), s inkább irányított gázugár létezését valószínűsítették.

A J. L. Sokolovski által vezetett kutatócsoport a Rossi X-Ray Timing

és héliumszerű ionok emissziós vonalaival. Egy-két hónappal később már feltárult a forró fehér törpe felszínének szuperlágó röntgensugárzása, amelynek spektrális modellje 800 ezer K felszíni hőmérsékletre és kb. 1,2 naptömeg tömegre utalt. 54 nappal a robbanás után megszűnt a tömegledobás a fehér törpéről, a termonukleáris reakciók pedig 69 nap után álltak le.

A Spitzer infravörös színeképei 62 és 75 nappal a kitörés után készültek (Evans és munkatársai), bennük 1 és 30 mikrométer között számtalan emissziós vonallal, amelyek két eltérő hőmérsékletű zóna létére mutattak rá (egyik 150 ezer K, a másik 900 ezer K hőmérsékletű). A Hubble 155 nappal a 2006-ös kitörés felfedezése után optikai képeket készített, melyeken az 1,6 kpc távolságban lévő rendszer körül mintegy 600 CSE átmérőjű gázfelhőt detektáltak (M. F. Bode és munkatársai). A kettős gyűrű alakú gázhéj valódi tágulási sebessége a hossz tengely irányában mintegy 5600 km/s-nak adódott.

Az említett és egyéb szakirodalmi eredmények alapján kirajzolódó kép igazolja a visszatérő nóvákra alkotott elméletek helyességét, ugyanakkor fontos számszerű megkorlátásokat ad a modellekben szereplő paraméterekre. Lényegében az összes vizsgálat megegyezik abban, hogy az RS Oph fehér törpéje már közel jár a Chandrasekhar-féle határtömeghez, azaz egy jövőben felrobbanó Ia típusú szupernóva szülőobjektuma. A termonukleáris megszabadás folyamatait főbb vonalaiban jól értjük, az úrbéli röntgenmérések pedig a fehér törpe felszínéhez minden eddiginél közelebbi tartományokról árultak el fontos jellemzőket.

## Irodalom

- Barry, R. K., és mtsai, 2008, *ApJ*, 677, 1253  
Bode, M. F., és mtsai, 2006, *ApJ*, 652, 629  
Bode, M. F., és mtsai, 2007, *ApJ*, 665, L63  
Evans, A., és mtsai, 2007, *ApJ*, 663, L29  
Nelson, T., és mtsai, 2008, *ApJ*, 673, 1067  
Ness, J.-U., és mtsai, 2007, *ApJ*, 665, 1334  
O'Brien, T. J., és mtsai, 2006, *Nature*, 442, 279  
Sokolovski, J. L., és mtsai, 2006, *Nature*, 442, 276

## SN 2006gy

Az SN 2006gy jelzésű szupernóvát a ROTSE-IIIb optikai tranzienseket kereső távcsöve fedezte fel 2006. szeptember 18-án. A Perseus-galaxishalmazhoz tartozó NGC 1260 magjától nem messze feltűnt objektum minden idők legnagyobb abszolút fényességű és leglassúbb időbeli fejlődést mutató szu-

pernovája volt, maximumában -22 magnitúdós abszolút fényességgel (ez mintegy tíz-tizenöt-ször fényesebb, mint pl. a kozmikus távolságmérésben kulcsfontosságú szerepet játszó Ia típusú szupernóvák átlagos fényessége). Felfedezését követően több mint két hónap alatt érte el maximumát, ami után nagyon lassú halványodás következett: abszolút fényessége kb. 100 napig -21 magnitúdó felett maradt. Egymástól független kutatócsoportok is hasonló következtetésekre jutottak az óriási energiájú robbanás természetével kapcsolatban: ahhoz, hogy a termelt energiát egyetlen objektum robbanása képes legyen fedezni, egy nagyon nagy tömegű csillag összeomlása szükséges. Smith és munkatársai egyenesen az  $\eta$  Carinae-hez hasonlították az SN 2006gy feltételezhető szülőcsillagát: több tíz naptömegű hiperóriás csillag lehetett, amely nem jutott át a fényes kék változó (Luminous Blue Variable, LBV) fázis intenzív tömegvesztési folyamatainak, hanem közvetlenül előtte, esetleg éppen az LBV állapotban veszítette el stabilitását. Valószínű tömege legalább 60 naptömeg lehetett, de elképzelhető akár 100–150 naptömegű hiperóriás objektum is.

Az ilyen szélsőségesen nagy tömegű csillagok halála különösen érdekes kérdéseket vet fel az elméleti asztrofizikusok számára. Woosley és munkatársai számításai szerint az is elképzelhető, hogy az SN 2006gy szülőcsillagának magjában lejátszódó párkeltési folyamatok többszörös robbanást eredményezhettek egyfajta pulzációszerű instabilitáson keresztül, amelynek végeredménye az óriási energiafelszabadulás. Ugyanakkor az sem kizárt (Portegies Zwart és van den Heuvel modellszámításai szerint), hogy két kevésbé nagy tömegű csillag összeolvadása vezetett az SN 2006gy feltűnését eredményező eseményekhez. Elméletüket igazolhatja, ha a csillag elhalványodása után a robbanás helyén egy nagy tömegű csillagokból álló sűrű halmazt találunk – jelen sorok írásáig azonban még nem érkezett hír a kérdést eldöntő mérésekről.

## Irodalom

Ofek, E. O., et al., 2007, ApJ, 659, L13

Portegies Zwart, S.F., van den Heuvel, E., 2007, Nature, 450, 388

Smith, N., et al., 2007, ApJ, 666, 1116

Woosley, S. E., et al., 2007, Nature, 450, 390

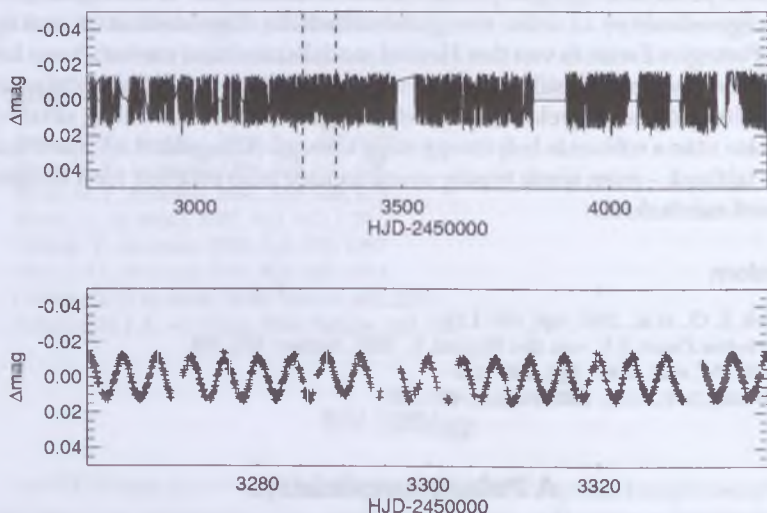
## A Polaris amplitúdója

A Polaris (Sarkcsillag,  $\alpha$  Ursae Minoris) többszörös rendszerének legfényesebb komponense egy cefeida típusú pulzáló változócsillag, lassan nö-



vekedő, 3,97 napos periódussal. Még az 1980-as évek első felében fedezték fel, hogy az elmúlt évszázadban erőteljes amplitúdócsökkenést mutatott a csillag. 1900 körül még 0,12 magnitúdó volt a fénygörbe amplitúdója, amihez 6 km/s radiálissebesség-amplitúdó tartozott. A XX. sz. végén ez lecsökkent 0,03 magnitúdóra és 1,6 km/s-ra. Az 1990-es évek közepén azt is megjósolták, hogy akár kimutathatatlanul kicsire lecsökkenhet (mintegy leáll) a Polaris pulzációja, ám ez végül is nem következett be.

Annyira nem, hogy 2008 elején rövid időn belül három szakcikk is megjelent a Polaris amplitúdóváltozásának megfordulásáról. Ausztrál, amerikai, koreai és brit kutatók egymástól függetlenül, három adatsor alapján is kimutatták, hogy a Polaris pulzációs amplitúdója 2003 és 2007 között elkezdett növekedni (6. ábra). Koreai csillagászok nagyon pontos radiális sebességeket mértek, melyek szerint a 2005-ben még csak  $2,210 \pm 0,048$  km/s amplitúdó 2007-re már  $2,406 \pm 0,018$  km/s-ra nőtt. Ausztrál és amerikai kutatók a WIRE műhold csillagkövető kamerájával és a Coriolis műhold SMEI műszerével felvett fotometriai adatokat, valamint földi radiálissebesség-méréseket elemezve mutatták ki a pulzációs amplitúdó mintegy 30%-nyi növekedését 2003 és 2006 között. Brit kutatók pedig a SMEI valamivel hosszabb és homogén fotometriai adatsorát vizsgálva találtak 22 mmag-ról 28



6. ábra. Felül: a Polaris fénygörbéje 2003 eleje és 2007 vége között, a SMEI műszer mérései alapján. Jól látszik az adatsor vége felé megnövekedett amplitúdó. Alul: 80 napnyi részlet a teljes adatsorból.



mmag-ra növekedő fotometriai amplitúdót 2003 áprilisa és 2007 októbere között.

(A SMEI a Coriolis műhold fedélzetén található Solar Mass Ejection Imager képalkotó műszer, amelynek eredetileg semmi köze nem volt a változócsillagászathoz. A kamera igen nagy látómezőben képes rögzíteni a Nap koronakitörései által kidobott gázfelhők távolodását és ritkulását, miközben a csillagos égi háttérrel is megőrkíti. Speciális adatfeldolgozással meglepően pontos fotometriai adatok nyerhetők ki a teljesen más céllal felvett képekről.)

Ami nem változott, hogy továbbra sincs egyértelmű magyarázat a Polaris furcsa viselkedésére. Korábban az amplitúdócsökkenést úgy próbálták értelmezni, hogy a csillag fejlődése során éppen készült elhagyni az instabilitási sávot, így pulzációja természetes módon csillapodva tűnne el. Ez azonban mindig is problematikus elmélet volt, mivel a Polaris egyáltalán nincs közel az instabilitási sáv széléhez a Hertzsprung–Russell-diagramon. Új modellszámítások szerint viszont, ha elfogadjuk, hogy a Polaris első felhangban pulzál, akkor lehetséges, hogy a fejlődése során most éppen az első felhangú és alaplómódusú cefeidák közötti határterületen tartózkodik, ahol nemlineáris effektusok következtében felléphet amplitúdóingadozás is, periódusváltozás is, emberi időskálán kimutatható sebességgel.

## Irodalom

Bruntt, H., és mstai, 2008, *ApJ*, 683, 433

Lee, B.-C., és mstai, 2008, *AJ*, 135, 2240

Spreckley, S. A., Stevens, I. R., 2008, *MNRAS*, 388, 1239

## GRB 080319B

2008. március 19-én a Swift űrobszervatórium kitörésriasztó távcsöve rendkívül intenzív hosszú gammafelvillanást (GRB-t) észlelt a Bootes csillagkép irányából. Az utófénylésekre vadászó földi műszerek közül a lengyel Pi of the Sky projekt robottávcsöve észlelte először a GRB optikai megfelelőjét (7. ábra). Utóbbi program hatékonyságát jól jelzi, hogy a méréseket nem az űrbéli detektálás váltotta ki, hanem – mivel nagy látószögű digitális felvételekkel folyamatosan ellenőrzi az égen feltűnő égitesteket – a gamma- és röntgendetektorokkal lényegében egy időben érzékelte a hirtelen felvillanó csillagszerű objektumot. Emellett az is szerencsés körülmény volt, hogy a Swift alig 30 perccel korábban fedezte fel a GRB 080319A-t, szűk tíz fok szög-

távolságban az égen, így több műszer már eleve a megfelelő irányhoz közel végezte méréseit.

Ami miatt a GRB 080319B jelzést kapott villanás kiemelkedik az utóbbi években már rutinszerűen észlelt jelenségek közül, az a maximális fényessége volt, ugyanis néhány pillanatig 5,3 magnitúdós fényességgel ragyogott a  $z=0,937$  vöröseltolódása alapján mintegy 7,5 milliárd fényévre bekövetkezett robbanás. Ekkora távolságról ez a fényesség a valaha észlelt legfényesebb szupernóvától is 2,5 milliószor nagyobb, ami gömbszimmetrikus robbanást feltételezve elképzelhetetlenül óriási energiafelszabadulást jelentene. Éppen ezért kezdettől fogva az tűnt valószínűbbnek, hogy egy kollimált energianyaláb (jet) esett éppen a látóirányunkba, s maga a jelenség sokkal kisebb energiájú volt, mint azt a legegyszerűbb számítások sugallták.

Három héttel a kitörés után a Hubble-űrtávcső is megörökítette a halványodó utófénylést, ami azonban még mindig meglepően fényes volt, túlragyogta szülőgalaxisát. A korai időszakban elvégzett részletes fotometriai és spektroszkópiai mérések, illetve az optikai és gammaérzékelések kombinálása arra vezetett, hogy egy nagy tömegű csillag halálát láthattuk egy kétkomponensű relativisztikus jetre hosszirányban rálátva. A felfedezést követő 800 másodpercben három, jól megkülönböztethető fázist lehetett elkülöníteni, melyeket külön-külön már sikerült más gammafelvillanásoknál detektálni, de mindhármát egy objektumnál még soha. Az időbeli és spektrális változásokra legjobban illeszkedő modellben két jet löködött ki relativisztikus sebességgel a központból, az egyik mindössze 0,4 fok nyílásszögű, a másik pedig 8 fok nyílásszögű kúppalást mentén. A jelenség szélsőséges fényességét szerencsés véletlen okozta: szinte pontosan a nyalábok hossz-tengelyében láttunk rá a robbanásra. Az így becsült összenergia (kb.  $4 \cdot 10^{50}$  erg) beleillik a GRB-k energiaeloszlásába, e szempontból a GRB 080319B teljesen átlagos felvillanás volt. Statisztikus megfontolások alapján 3–10 éven-



7. ábra. A Pi of the Sky projekt robottávcsövének felvételein jól azonosítható a GRB 080319B feltűnése, 5,3 magnitúdós maximuma és a halványodás kezdete (a gammafelvillanás pontosan a képek közepén látható).

te következhet be hasonló eset, s a 2008 júniusában pályára állított GLAST gammacsillagászati műhold fontos szerephez fog jutni ezek detektálásában.

## Irodalom

Bloom, J. S., és mtsai, 2008, arXiv:0803.3215

Racusin, J. L., és mtsai, 2008, Nature, 455, 183

## Jelen és jövő – égboltfelmérések az időtartományban

Már jelenleg is működnek csillagok fényváltozására vadászó automata/autonóm robottávcsövek, melyeket exobolygók fedéseit, hirtelen felvillanó optikai tranzienseket, vagy egész konkrétan változócsillagokat felfedezni szándékozó kutatócsoportok működtetnek. Az exobolygós programok közül például a Bakos Gáspár által vezetett HATNet a következő években teljes 24 órás lefedettséget megvalósító déli féltekei távcsőhálózatot fog építeni namíbiai, chilei és ausztráliai helyszíneken – az exobolygók mellett változócsillagok ezreit, tízezreit fogja felfedezni. A közelmúltban indított vagy már le is zajlott programok közül két felmérést érdemes kiemelni. A lengyel All Sky Automatic Survey (ASAS) 2000 óta a +28 fokos deklinációtól délre fekvő teljes ég 15 millió csillagáról végez fotometriai méréseket, minden derült éjszakán az éppen látható ég nagy részét lefedve 8 és 15 magnitúdó között. A Northern Sky Variability Survey (NSVS) alig egy évig működött Új-Mexikóból, s az északi eget mérte fel hasonló észlelési stratégiával. Az említett programok jellegzetessége, hogy a csillagászati műszertechnika szempontjából parányi eszközöket használnak, kis-közepes méretű teleobjektíveket CCD-kamerákkal, amelyek így több tíz négyzetfokos területet rögzítenek 10–20 ívmásodperc/pixel képskálával. Így egyrészt főleg fényes (13–14 magnitúdónál fényesebb) csillagokat észlelnek, másrészt a Tejút fősíkjához közelebbi területeken sok problémát okoz a forrás-konfúzió: a több ívmásodperces pixelekre akár 5–6 csillag is ráeshet, ezért nagyobb távcsövekkel végzett jobb szögfelbontású mérések nélkül nem deríthető ki pontosan, hogy melyik csillag fényessége változik.

A nem túl távoli jövő idősor-fotometriai adatokat szolgáltatató felmérései közül hármat emelek ki. Az ausztrál Skymapper program 1,3 m-es távcsöve a teljes déli ég fotometriai felmérését fogja elvégezni több színben, több időpontban 256 megapixeles CCD-s mozaikkamerával, egyszerre 5,7 négyzetfokos látómezőt lefedve 0,5 ívmásodperc/pixel képskálával, a tervek szerint 2008 végétől. A Large Synoptic Survey Telescope (LSST) egy 8,4 m-es távcső



10 négyzetfokos látómezejével a chilei észlelőhelyéről látszó teljes eget három naponta fogja lefedni 24–25 magnitúdós határfényességig, erre azonban még legalább 2014-ig várni kell. A képeket egy 3 milliárd pixeles (!) kamera rögzíti, óriási adatmennyiséget produkálva (nagyjából 30 terabájtot éjszakánként). Hasonlóan gigászi adatmennyiség várható a Panoramic Survey Telescope & Rapid Response System (Pan-Starrs) projekt négy darab 1,8 m-es távcsövétől, melyek 3 fok átmérőjű látómezőt fognak egyszerre észlelni, egyenként 1,4 milliárd pixeles CCD kamerákkal (esetleg különböző szűrőkkel). A négy távcső közül az első 2007 augusztusában elkészítette az első gigapixeles képeket, a többi pedig a közeljövőben kerül a hawaii-szigeteki észlelőhelyre.

Mint látható, a következő évtizedben az óriási adathalmazok számítógépes elemzése egyre nagyobb mértékben fogja jellemezni a változócsillagászati kutatásokat. A virtuális obszervatórium koncepciója már évek óta jelen van a szakmai körökben, s várhatóan egyre több kutató fogja vizsgálatai nyersanyagát publikus számítógépes adatbázisokból kinyerni.

### **Források:**

ASAS: <http://archive.princeton.edu/~asas/>  
NSVS: <http://skydot.lanl.gov/nsvs/nsvs.php>  
LSST: [http://www.lsst.org/lsst\\_home.shtml](http://www.lsst.org/lsst_home.shtml)  
Pan-Starrs: <http://pan-starrs.ifa.hawaii.edu/public/>  
Skymapper: <http://msowww.anu.edu.au/skymapper/index.php>

### **A Csillagászati évkönyv vonatkozó cikkei:**

Kiss, L., 2005, Vörös óriás változócsillagok, Meteor csillagászati évkönyv 2006, 228  
Kolláth, Z., Beaulieu, J.-P., 1997, A mikrolencse programok néhány változócsillagászati eredménye, Meteor csillagászati évkönyv, 1998, 167  
Szabados, L., 2000, A mikrováltozó-csillagászat és a mega-változócsillagászat felé, Meteor csillagászati évkönyv 2001, 237

### **Exobolygó-kereső programok változócsillagai:**

Christiansen, J. L., et al., 2008, MNRAS, 385, 1749 (UNSW/APT)  
Hartman, J. D., et al., 2004, AJ, 128, 1761 (HATNet)  
Norton, A. J., et al., 2007, A&A, 467, 785 (SuperWASP)

Változócsillagászati hírek: <http://hirek.csillagaszat.hu/asztrofizika>



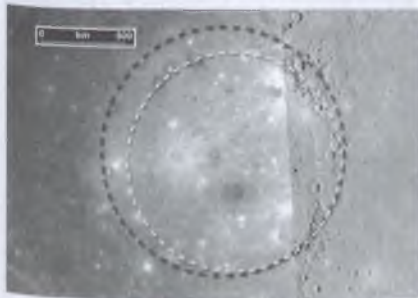
## Kereszturi Ákos

# Újdonságok a Naprendszerben

### Merkúr – megörökítették a Caloris-medencét

A Messenger-űrszondának mind a hét műszere tökéletesen üzemelt, amikor 2008. január 14-én találkozott a Merkúrral. A közelítés során mintegy 1200 képet készített, és január 22-ig összesen 500 megabyte adatot sugárzott a Földre, megörökítve a bolygó korábban ismeretlen féltékéjének jelentős részét. Az új képek alapján a tengelyforgás lassulása és a globális zsugorodás miatt keletkezett, több száz kilométer hosszú gyűrődések elterjedtebbek, mint korábban feltételezték, és sokkal gyakoribbak is, mint például a Holdon. A Caloris-medencéről kiderült, hogy 1300 kilométer helyett 1550 kilométer az átmérője (1. ábra), valamint a holdi látatengerekkel ellentétben kicsit világosabb a környező területeknél. Talán a medencét létrehozó becsapódás nyomán a felszínre került, és eredetileg mélyebben lévő kőzet színe különbözik a környezettől, de az is lehet, hogy utólagos vulkánkitörések lávái okozzák a világosabb árnyalatot. Emellett a medence belső részén néhány sötét halójú kráter (2. ábra) is található.

A Merkúr lávasíkságai nem hasonlítanak a holdbéliekre, színükben és topográfiai helyzetükben sem ütnek el annyira a környezetüktől, mint a mi kiserőnkön. Egy sajátos „pók alakzatot” is lefotóztak, amelynek közepén egy 40 kilométer átmérőjű becsapódásos kráter látható. Ennek peremétől sugárirányban egyenes, sekély árkok haladnak kifelé. Kialakulására egyelőre nincs biztos magyarázat, de feltehetőleg valamilyen tektonikus folyamat révén, tárgulás során jöttek létre az egyes törések, amelyek a sugárirányú formákat alkotják. A Messenger lézeres magasságmérője is tökéletesen

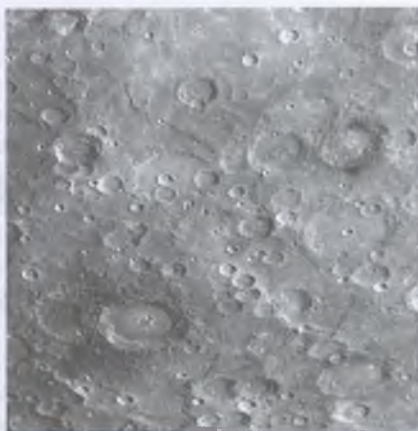


1. ábra. A Caloris-medence korábbi (világosabb) és mai (sötétebb) becsült körvonala (NASA, JHUAPL, Carnegie, Brown)

üzemelt, eddig a bolygó felszínének egy-egy kisebb részét tapogatta le, a felszínt részletesen 2011 után, már a Merkúr körüli pályán fogja feltérképezni. A bolygóról elszökő gázokból sikerült nátrium-, kalcium- és hidrogénionokat kimutatni az ultraibolya tartományban, amelyek a Nappal ellentétes irányban körülbelül 40 ezer kilométer hosszan elnyúló csóvát alkotnak.

Mivel a Merkúr alakja és tömegeloszlása nem egyezik meg egy tökéletes gömbével, a Nap gravitációs hatására tengelyforgása kicsit eltér az ideálistól. Szintén főleg a Nap hatására jelentkezik emellett a precesszió is, amikor a forgástengely egy másik, képzeletbeli tengely körül lassan körbejár. Jean-Luc Margot (Cornell University) és kollégái a fenti jelenségeket vizsgálták három rádióteleszkóppal, 8,5 és 2,4 GHz frekvencián kibocsátott impulzusok visszaverődését megfigyelve. A jelek összehasonlításával a bolygó tengelyforgási periódusát 1/100 000 pontossággal tudták megállapítani. A megfigyelés 2002–2006 között, öt éven keresztül tartott, összesen 21 alkalommal végeztek becsléseket a bolygó tengelyforgási jellemzőiről.

Az eredmények alapján a precessziónál 1066 éves ciklus mutatkozik, amelynek keretében a forgástengely 1,6 ívmásodpercet (kb. 0,0004 fokot) billeg. Az igazán érdekes azonban a libráció volt: ez ugyanis a korábban vártak (teljesen szilárd magot feltételezve) közel a duplája. A jelenség legvalószínűbb magyarázata, hogy a bolygó magja és köpenye között laza a kapcsolat, amelyet a mag olvadt külső rétege biztosíthat. A korábbi feltételezések szerint a Merkúr – kis mérete miatt – napjainkra már kihűlt annyira, hogy a magja teljesen megszilárdult. Ugyanakkor, ha például elegendő mennyiségű ként rakunk képzeletben a vasmagba, az lecsökkenti annak olvadáspontját annyira, hogy a bolygó szerény hőtartalékai mellett is folyékony maradjon a mag egy része – feltehetőleg ez fedi a valóságot. Egy olvadt külső mag létezésével a bolygó mágneses tere is új megvilágításba kerül. Korábban azt feltételezték, hogy a Merkúrnak a földinél kb. százszor gyengébb mágneses tere ún. maradvány tér, amely egy ősi térnek a fémtar-



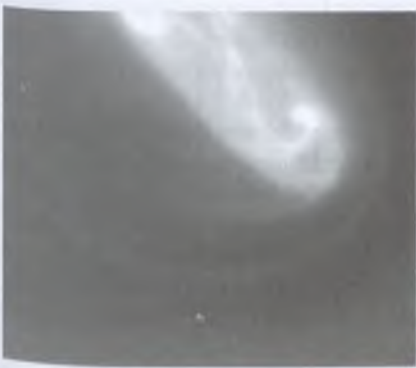
2. ábra. Sötét halójú kráterek a Merkúron (NASA, JHUAPL, Carnegie, Brown)

talmú kőzetek anyagába „befagyott” relikta. Ha azonban a mag részben még ma is folyékony állapotú, áramlásai jelenleg is generálhatják a mágneses teret. Jie Li és munkatársai (University of Illinois, Case Western Reserve University) laboratóriumában sikeresen modellezték, hogy az olvadt vas-kén keverékből miként válhatnak ki vasatomok szilárd kristályokat alkotva, amelyek lesüllyedése a kérdéses anyagáramlást generálhatja.

## Változékonyabb a Vénusz légköre

A Vénusz felszíne legfeljebb 0,5–1 milliárd éves. Mivel a bolygó majdnem akkora, mint a Föld, jelentős belső hőtermeléssel bírhat, így logikus feltételezés, hogy a felszínén még működhetnek tűzhányók – ezek megfigyelése azonban az átlátszatlan légkör miatt nehéz. A Venus Express szonda a vulkáni gázok légköri koncentrációjának megváltozása alapján vizsgálta ezt. Erre ideális a kén-dioxid, amelynek gyakorisága a légkörben idővel csökkenne, mivel a felszíni anyagokban megkötődik – ugyanakkor egy-egy vulkánkitörés jelentősen megnövelheti azt.

Korábbi űrszondákkal két eltérő alkalommal készült mérés között jelentősen megváltozott a gáz mért koncentrációja, ami akár egy vulkánkitöréstől is előállhatott. A Venus Express a kén-dioxid gyakoriságát a SPICAV detektorral a bolygó korongjának peremén, a légkör 70–90 kilométer magas, ritka tartományában vizsgálta. Sikert is rögzíteni, hogy néhány nap különbséggel koncentrációja a korábbi érték kétharmadára csökkent. A jelenség pontos eredete nem ismert, csak annyi biztos, hogy a légkör magas tartományaiban a napsugárzás miatt a kérdéses molekulák élettartama rövid. A VIRTIS detektorral a felszín felett 35–40 km magasan a kén-dioxid koncentrációjának változása szintén látszott, de az előzőnél 40%-kal kisebbnek mutatkozott. Elképzelhető, hogy egy korábbi kitörésből származó anyagot sikerült az első észleléskor megfigyelni – majd később a légkörnek átlagos, kén-dioxidban szegényebb részét rögzítették. Ugyanakkor az is lehetséges, hogy a légköri áramlások és a napsugárzás hatása okoz je-



3. ábra. A VIRTIS detektor felvétele a Vénusz déli sarkvidékén mutatkozó kb. 2500 km-es kettős légörvényről.



lentős eltéréseket a kérdéses molekula gyakoriságában, a vulkanizmustól függetlenül.

A VIRTIS detektorral sikerült az egyenlítő környékén buborékszerű megjelenésű örvényeket találni. E régióban a gyors szuperrotáció (a felsőléggör négy nap alatti körbeszángulása) ütközhet a helyi turbulenciákkal – amelyek talán az alacsony szélességen jellemző erős besugárzástól támadnak. Hasonló felhőmintázatot az éjszakai oldalon is sikerült megfigyelni, pedig ott már nincs beeső napfény – talán a nappali örvények maradnak meg ilyen tartósan. Ezzel ellentétben közepes szélességeken a szuperrotáció szélirányával párhuzamos, sávos felhőalakzatok mutatkoznak csak, itt a szél néhol a 400 km/h sebességet is eléri. A globális áramlási rendszer keretében az egyenlítőtől a sarkvidék felé mozgó légtömegek útjuk mentén lehűlnek, és a sarkoknál lesüllyedve kiterjedt poláris örvényeket hoznak létre (3. ábra).

A sűrű, nagy tömegű légkör miatt a kutatók nem várták, hogy a felszínformák érezhetően befolyásolják az atmoszféra magasabb tartományait. Ennek ellenére a VIRTIS detektorral az egyenlítő térségében lévő, a környezetéből kb. 4 km magasra kiemelkedő Alfa-régió felett sikerült olyan turbulenciákat megfigyelni, amelyek talán a kiemelkedő felszínformáktól keletkeztek. Emellett míg korábban csak 65 km-ig terjedő felhőket figyeltek meg, most 90–100 km magasságig érő ködöt is azonosítottak. A magnetométer mérései pedig intenzív villámtevékenységre utaltak. A légkörből elszökő gázokban közel kétszer annyi hidrogén mutatkozott, mint oxigén, ezek feltehetőleg vízmolekulák bomlásából származnak. Utóbbiakból sokat veszített a bolygó fejlődése során, a jelenlegi légköri vízgőz a felszínen kicsapódva csak néhány cm vastag réteget alkotna.

## Mars

A Mars Express és a Mars Reconnaissance Orbiter (MRO) szondákon egyaránt van a felszín alatti régiókat tanulmányozó radarberendezés. Az ESA MARSIS radarjával a déli pólus közelében 3,7 km vastag jég alatt húzódó alapközetről sikerült visszhangot detektálni és meghatározni a jégtakaró vastagságát. Az MRO SHARAD műszere kisebb mélységbe „lát”, de jobb a felbontása. A megfigyelések értelmezése itt még csak most vette kezdetét, de már több jel utal arra, hogy nem csak a sarkvidéki területeken van jég a felszín alatt kis mélységben. A korábbi modellek ezt nem tartották valószínűnek, mivel alacsony szélességről hosszú idő alatt elszublimált volna – azonban elképzelhető, hogy a  $\text{H}_2\text{O}$  az alábbiakban részletezendő pálya-



elem-változásokkal kapcsolatban került oda, valamint ún. diffúzióhatárok is lassíthatták utána a szublimációját.

Franck Montmessin (UVSQ) és kollégái a Mars Express OMEGA detektorával a látható és az infravörös tartományban rögzített mérések alapján 80 kilométerrel a felszín felett lebegő szén-dioxid kristályokból álló felhőket mutattak ki. A több száz kilométer átmérőjű felhők szemcséinek mérete az ezred millimétert is meghaladhatja, egyelőre nem tisztázott, hogy ekkora szemcsék miként lebeghetnek stabilan a ritka légkörben. Ezek konvektív felhők lehetnek, azaz a felszínről emelkedő légtömegektől alakulnak ki, változékony természetűek a nagy napi hőingással és az ettől támadó heves légáramlatokkal kapcsolatos. Az emelkedő és hűlő légtömegekben a szén-dioxid kiválásakor látens hő szabadul fel, hasonlóan a földi konvektív vízfelhőkhöz, ami melegíti a környező gázt, és a felhőt tovább emeli. Kondenzációs magvaként a szelek által felkavart por, vagy az űrből a légkörbe hulló mikrometeoritok szolgálhatnak. A felhők a felszínre jutó napfény intenzitását akár 40%-kal is lecsökkentik, ezért árnyékukban a felszín hőmérséklete 10 fokkal is alacsonyabb lehet, mint a környező, derült és napsütötte vidékeken. A hőmérsékleti különbség a szeleket, a felszíni fagytakaró szublimálását vagy kicsapódását is megváltoztatja.

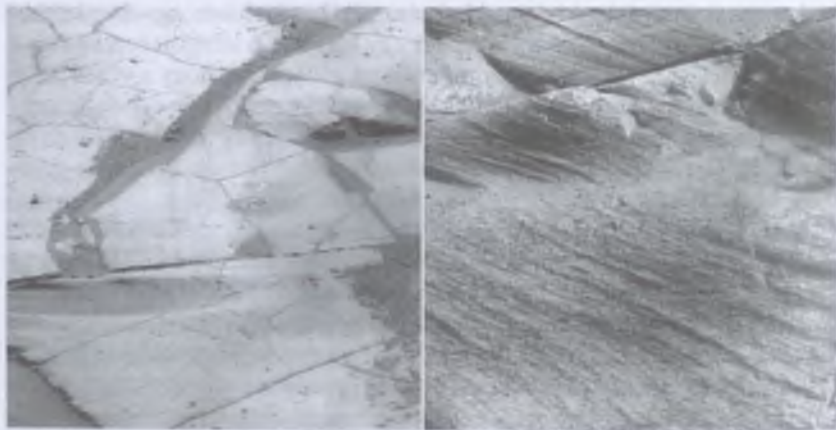
A Marson közel 200 olyan üledékes képződményt ismerünk idős vízfolysnyomok végződésénél, amelyek földi folyóvízi deltákra hasonlítanak (l. színes képmelléklet). Utóbbiak anyaga tóba, tengerbe érkező és ott lelassult vízből rakódhatott ki. George Postma (Utrecht University) és kollégái ezek kialakulását földi laborkísérletekkel vizsgálták, amelyben egy hordalékot szállító mesterséges vízfolyást vezettek egy kis tóba. A létrejött formáknak a marsihoz hasonló jellege alapján sikerült megállapítani, hogy a vörös bolygón látható képződmények jelentős része egy-egy rövid, néhány éves, vagy évtizedes áramlási időszak során keletkezett. Mindez egybevág azzal az elgondolással, amely szerint a kezdeti időszakot kivéve csak átmenetileg, rövid ideig jelent meg a folyékony víz a bolygón.

Az Opportunity megérkezett a 800 méter átmérőjű, kb. 70 méter mély, csipkézett peremű Viktória-kráterhez, majd 2007. szeptember 11-én megkezdte a lassú beleereszkedését. A kráter körül kb. fél km széles sötétebb gyűrűben sok 4–6 mm átmérőjű hematit (vas-oxid) golyókat talált, a perem kibukkanó meredek falain pedig szulfátokban gazdag, homokkő rétegeket azonosított. A marsjáró a kráter felé haladva kerekével a felszíni törmelékta-  
karó alatt lévő világosabb, szilícium-dioxidban gazdag anyagot ásott ki véletlenül. A világos folt feltehetőleg vulkáni anyagoktól savassá váló oldatok

és kőzetek kölcsönhatásakor keletkezett. Emellett a Santa Catarina névre keresztelt kőről kiderítette, hogy vasmeteorit, amivel kettőre emelkedett az Opportunity által talált meteoritok száma. Az eddigi elemzések alapján a Meridiani-síkságot sötétebb árnyalatú, 10–50 cm vastagságú törmelékanyag borítja, amely alatt világosabb, szulfátos üledékek vízszintes rétegei következnek. Utóbbiakban apró gömbök formájában sok hematitszemcse található, amelyek az őket korábban tartalmazó szulfátos kőzet bomlásával kerülnek a felszínre. A szulfátos üledék egykori vizes közeggel, főleg a felszín alatti repedésekben (is) áramló folyadékkal kapcsolatban keletkezhetett.

A marsi vulkánkitörések miatt a vizek gyakran savasak lehettek, emellett a bolygó lassú, globális vízvesztése, valamint a víz jéggé fagyása miatt egyre magasabb lett a sótartalmuk. A Viktória-kráter belsejét vizsgálva a kráterfal idős rétegeinél az egykori felszín alatti víz és az ásványok kölcsönhatásának nyomát azonosították. Az itt lezajlott reakciók számítógépes modellezése arra utal, hogy az egykori, felszín alatti vizek nagyon sósak lehettek.

A Spirit ezalatt a Home Plate nevű, vulkáni törmelékekből álló platót vizsgálta, amelynek forrásvidékén egykor víz keveredhetett magmával, illetve lágával. Erre utal a vizsgált kőzetek magas klórtartalma, amely betöményedett sóoldatokból származhat. A megfigyelt bazaltok robbanásos eredetét a kőzetek finomszemcsés, réteges szerkezete is jelzi, a robbanásos jelleget szintén láva és víz kölcsönhatás segíthette elő. A Spirit kerekei is kiástak véletlenül egy érdekes foltot, amelyekben kén, szulfát, foszfát, kalcium, hematit és ásványokban kötött víz is előfordul. A Tyrone névre



4. ábra. A Lyell névre keresztelt, klórban gazdag réteg a Victoria-kráter belső lejtőjén távolabbról (balra) és közelebről (jobbra) fotózva (NASA, JPL, Caltech, Cornell)



5. ábra. Üledékes rétegek (középen) a Hebes Chasma árokban a Valles Marineris területén, amelyek talán hideg vizes környezetben rakódtak le (ESA, DLR, FU Berlin, G. Neukum)

keresztelt kibukkanás világos anyaga közel 200 marsi nap alatt enyhén színt változtatott – feltehetőleg a légkörrel érintkezve kémiaiilag átalakult. A Gusev-krátert átszelő Ma'adim Vallis vízfolyásnyom régóta várt elemzésére azonban mindaddig nem került sor, mivel azt bazaltlávák borítják – a fenti foltok tehát az ősi vízáramlásnál fiatalabb víznyomok.

A Mars Odyssey űrszonda vizsgálatai keretében közel 200 olyan, 1 és 25 négyzetkilométer közötti átmérőjű területet azonosítottak a déli felföldek közepes valamint ala-

csony földrajzi szélességű részein, ahol idős, magas klórtartalmú sós üledékek vannak. Sokuk mélyedésben, medencében található, amelyekbe néhol idős vízfolyásnyomok vezetnek. Mivel a sós területek között nincs összeköttetés, sok kisebb, lokális, egykori vizes terület nyomát jelzik. Amikor ezekből a víz párologott illetve megfagyott, avagy a jég szublimálása után sós üledékek maradnak vissza. Közel 3,9–3,5 milliárd évvel ezelőtt képződtek, területükön az ősi vízből kiváló sók konzerválhatták a kialakulásuk idején esetleg beléjük került szerves molekulákat, esetleges szervezeteket.

A modellek alapján mára kiderült, a Mars forgástengelyének „dülöngélése” miatt erősen változik a jég előfordulási helye, mivel az a sarkok és alacsony szélesség között vándorol. Norbert Schörghofer (University of Hawaii) kutatásai szerint két eltérő szerkezetű jég típus keletkezhet ezek so-



6. ábra. A Mars Express MARSIS radarfelvétele a déli pólussapkáról, ahol a kép bal felén kettéváló fehér vonal közül a felső a felszínt, az alsó a közel tiszta jég réteg alatti kőzetfelszínt jelzi, alul pedig egy színnel kódolt domborzati térkép látható (NASA/JPL/ASI/ESA/Univ. of Rome/MOLA Science Team)



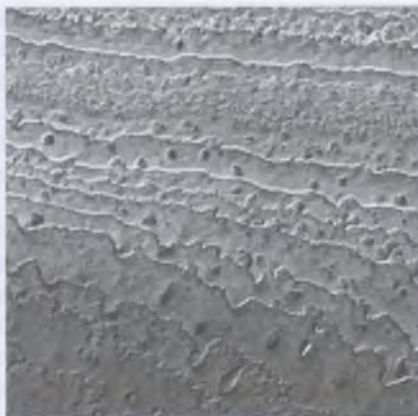
rán. A nedves időszakban összefüggő felszíni jégtakaró csapódik ki az atmoszférából, amikor pedig száraz a légkör, nem rakódik le újabb jéganyag, hanem inkább szublimál. A két szélső állapot („nedves” és „száraz”) között a légköri vízpára koncentrációja csak ahhoz elegendő, hogy a marsi talaj szemcséi közötti pórusokba, üregekbe belefagyjon. Ilyenkor tehát a felszíni portakaróba belefagyó víz összecementálja azt.

A közelmúlt aktív folyamatainak vizsgálatára a fiatal, 5–20 millió éves Athabasca Valles területe ad érdekes célpontot. Itt a vulkáni és a vizes nyomok jellegzetesen keverednek.

A vízfolyásnyomok többségét néhány méter vastag lávatarakó borítja. Elképzelhető, hogy ez a rétegtani helyzet általános a Marson, és a vízfolyásnyomok, valamint a lávák gyakran fordulnak elő ilyen párosításban. Egy-egy vulkánkitöréskor az adott területen lévő regolitban tárolt vízjég megolvad, és gyorsan lefolyik, létrehozva a vízfolyásnyomokat. A láva lassabban talál utat magának, ezért a folyásnyomokat felülírja. Miután a jég eltávozott, a tűzhányó aktív időszakában már csak lávafolyások keletkeznek – ennek befejeztével azonban a lehűlt vulkánon ismét elkezdhet kifagyni a légköri vízpára. Idővel annyi jég gyűlhet össze, hogy a következő kitöréskor ismét lezajlanak a fenti események.

A Mars Reconnaissance Orbiter részletes felvételein az elmúlt években keletkezett, friss és világos, vízfolyásnyomokra emlékeztető képződményeket vizsgálták. A megfigyelések alapján meredek lejtőkön a finom poranyag könnyen megindulhat lefelé, és víz nélkül is folyásnyomokra emlékeztető szerkezeteket alkothat. Emellett az infravörös spektrométer mérései alapján a fent említett világos folyásnyomot nem jég, és nem is a víz elpárolgása után visszamaradt sók alkotják. Az új megfigyelések tehát nem támogatják a recens vízzel kapcsolatos eredetet, inkább arra utalnak, a sárfolyásokként elhíresült képződmények néhány millió évvel ezelőtt keletkeztek.

A Mars Express űrszonda HRSC kamerája a bolygó felszínének nagy területét lefedő felvételei kitűnően használhatók kráterszámlálásra és ez alapján korbecslésre. A vizsgálatok segítségével öt nagy vulkáni időszakot



7. ábra. Az éghajlati változásokkal kapcsolatban lerakódott déli poláris réteges üledékek 2x2 km-es részlete (d.sz. 84° k.h. 219°) (NASA, JPL, Caltech, Cornell)



határoltak le a Mars fejlődésében. Eszerint a nagy területeket elborító lávaömlések nem egyenletesen, hanem néhány aktív időszak során jöttek létre, amelyek között vulkáni szempontból nyugodtabb periódusok voltak. A fenti időszakok közül a két korábbi 3,5 és 1,5 milliárd évvel ezelőtt lehetett, míg a fiatalabbak egyike 800-tól 400 millió évvel ezelőttig tartott, valamint 200–100, illetve 30–20 millió évvel ezelőtt is volt vulkáni aktivitás. A fenti időpontok, illetve időszakok egyelőre nem tekinthetők véglegesnek, és az újabb mérések fényében módosulhatnak. Azt azonban jelzik, hogy a Mars vulkanikus tevékenysége feltehetőleg aktív periódusokra és azokat elválasztó, nyugodtabb időszakokra osztható.

### Változatos holdak és gyűrűk a Szaturnusz körül

A Szaturnusz gyűrűrendszerét korábban fiatal, kb. 100 millió éves képződménynek tartották, mivel a modellek alapján a gyűrűket alkotó szemcsékre hulló meteorikus pornak már rég el kellett volna színeznie azokat. Az új megfigyelések alapján úgy fest, hogy a gyűrűrendszer tömege jelentősen meghaladja a korábbi becsléseket. Feltehetőleg sok olyan nagyobb testet tartalmaz, amelyek töredezésükkel pótolják a fogyatkozó apró szemcséket, és ezzel enyhén világosítják is a rendszert, látszólag megfiatalítva azt. Elképzelhető, hogy a bolygó fejlődése nagyobb részében gyűrűrendszerrel bírt, noha annak kinézete sokat változott az idők során. Még érdekesebb, hogy a gyűrűrendszerben olyan anyagsomókat azonosítottak, amelyek folyamatos változásban vannak: időnként szétdarabolódnak, majd a töredékek egymással összekapcsolódva újabb testeket alkotnak. Az A-gyűrűben ezek az összetapadt testek 15–20 m széles, 4–6 m vastag és 40–60 m hosszú, egymással párhuzamos formákat alkotnak. Larry Esposito (University of Colorado) és kollégái a sokkal ritkább F-gyűrűt vizsgálták egy okkultáció során, ahol sikerült 13 darab, 27 m és 10 km közötti méretű objektumot azonosítani. Mivel ezek részben „átlátszónak” mutatkoztak, feltehetőleg szintén laza szerkezetű, átmenetileg összeállt objektumok. A gyűrűrendszerben mutatkozó érdekes alakzatok másik látványos csoportját pedig a Prometheus hold által



8. ábra. A Prometheus hold gravitációs zavarainak hatására létrejött alakzatok az F-gyűrűben (NASA, JPL, SSI)

létrehozott zavarok jelentik az F-gyűrűben (8. ábra), ahol a korábbi feltételezéssel ellentétben nem három szál csavarodik egymás köré, hanem összetett hurkokat vet a gyűrű fő vonulata a perturbációktól.

Kiderült, hogy nemcsak a Szaturnusz, hanem annak 1500 km körüli átmérőjű Rhea holdja körül is van gyűrű. A hold mellett 2005 novemberében haladt el a Cassini-szonda, amely az elektronok sűrűségében a holdnak mindkét oldalán szimmetrikus csökkenéseket rögzített, amelyet egy ritka, kiterjedt gyűrűrendszer okoz. Ennek diffúz része a Rheától 1600 és 6000 km távolság között, egy sűrűbb tartománya pedig 1600 és 2000 km távolság között húzódik. A korábbi elgondolásokkal szemben a centiméteres és kisebb töredékekből álló gyűrűt a hold gravitációs tere képes megvédeni a Szaturnusz gravitációs zavaraival szemben. Anyaga feltehetőleg egy ősi becsapódás nyomán kirobbant törmelékfelhő maradványa. Ez az első alkalom, hogy gyűrűt sikerült azonosítani egy hold körül, igaz egyelőre csak közvetve.

A Cassini magnetométerének megfigyelései alapján először sikerült a bolygó körüli gyűrűáram jellemzőit feltérképezni, amelynek eltorzult korong alakú síkja a napszél hatására erősen kivastagszik a Nap felőli oldalon. A képződmény általában aszimmetrikus alakú, és a benne lévő plazma fő forrását az Enceladus gejzírei által kipöfékelt részecskék alkotják. Eltérés a Föld körüli gyűrűáramtól, hogy míg bolygónknál az itt található részecskék mennyisége és energiája elsősorban a napszélről és a mágneses viharoktól növekszik, addig a Szaturnusznál a napszéllel alig mutatkozott összefüggés. A magnetoszférával kapcsolatos érdekesség, hogy a Szaturnusz tengelyforgási ideje 6 perccel rövidebbnek mutatkozott, mint korábban a Voyager-szondák megállapították. Ezt az Enceladus vulkánjai által kispriccelt és a magnetoszférába beragadt részecskék mennyiségének változása magyarázhatja, amelyekből ha túl sok van, a magnetoszféra adott részének forgási sebessége csökken – ami az egész bolygó tengelyforgását természetesen nem befolyásolja. Emellett a mágneses tér tengelyforgási értéke alig észrevehető mértékben, kb. 25 napos periódussal változik. Ez az érték a Nap tengelyforgásához közeli, elképzelhető, hogy a hatást a csillagunktól érkező és enyhén változó sebességű napszél okozza.

A Cassini-szonda 2008. március 12-én, a felszíntől 200 kilométer távolságban 15 km/s sebességgel áthaladt az Enceladus gejzír jellegű kitörései által kipöfékelt egyik felhőn. A kirepülő anyagban sikerült szerves molekulákat is kimutatnia, és az eddigi eredmények alapján az Enceladus összetétele erősen hasonlít egy jeges üstökösmagéra. Jürgen Schmidt (University of Potsdam) és kollégái az anyagsugarakban kirepülő szemcsék méretét, számát és a kibocsátás intenzitását vizsgálva megállapították, hogy a jelenség

kiváltásához akkora hőmérséklet szükséges, amelyen a jég már megolvad. Feltételezésük alapján a felszín alatt lévő folyadék hőmérséklete 273 K körül, és innen, a vízből a vákuummal érintkezve 300–500 m/s sebességgel áramlanak ki a vízmolekulák.

A Titan talán a legérdekesebb objektum a Szaturnusz körül. A felszínén eddig azonosított közel 100 tóban lévő összes folyékony szénhidrogén mennyisége kb. százszorosa vagy ezerszerese a teljes földi szénhidrogénkészletnek. A felszínen a sarkvidéki tavak mellett az alacsony szélességen lévő sötét dűnék szintén sok szénhidrogént tartalmazhatnak. Ezekben nem az illékony metán, hanem hosszabb láncú molekulák, gyújtónevükön tholinok lehetnek. Utóbbi készlet nagyságát tekintve a földi kőszénmezőkhöz hasonlítható. A felsőléggörben zajló kémiai reakciókkal keletkező molekulákból a hold élete során annyi jöhetett létre, amennyi közel 100 méter vastag réteggel beboríthatná az egész égitestet.

A Cassini 2005 októbere és 2007 májusa között 19 alkalommal haladt el a Titan közelében, és ez alapján 51 felszínforma pontos helyzetét határozták meg, amelyekből a tengelyforgás egyenetlenségeire következtek. A felszínformák helyzetében a várt pozíciókhoz viszonyítva maximálisan 30 kilométernyi eltolódás mutatkozott. A jelenség oka egyrészt a szelekben keresendő, amelyek stabil áramlási irányukkal megpróbálják a felszínt „el-



9. ábra. Radarfelvétel egy partvidék jellegű területről a Titanon. A világos részekben metáneső szabdalta hegyek látszanak, a felső sötét területen pedig vagy ősi, mára kiszáradt metántenger fenekét borító sötét üledékek, vagy maga a metántenger figyelhető meg (NASA, ESA, SSI)



fújni”. Minderre azért kerülhet sor, mert a vastag jégpáncél egy kb. 100 km mélyen kezdődő folyékony vízrétegen (pontosabban víz–ammónia keverékben) úszik, és csak gyenge kapcsolatban áll a hold belső, szilárd részével. A kéreg elforgatásában a téli, jelenleg északi félteke szelei dominálnak – ugyanakkor, ha majd az északi féltekén beköszönt a nyár, a szelek irányt váltanak, és elvben lassítani fogják a tengelyforgást. Emellett a jégburrok egyenetlen tömegeloszlása, illetve az ezzel kapcsolatban támadó forgatónyomaték is befolyásolja a tengelyforgást.

## Veszélyes és érdekes apró égitestek

Sikerült közelebb kerülni a 65 millió évvel ezelőtti, többek között a dinozauruszokat is kipusztító becsapódás forrásához. Williemo Botke (SwRI) és kollégái a kérdéses objektum eredetét vizsgálták. Egy-egy kisbolygócsaládnál durván megbecsülhető, hogy az azt létrehozó ősi objektum mikor tört darabjaira. A szétDarabolódás térbeli helye alapján pedig megállapítható, hogy onnan löködhettek-e töredékek a belső bolygók, így például a Föld térségébe. Eredményeik szerint egy kb. 170 km átmérőjű, szenes kondrit összetételű kisbolygó darabolódhatott fel a kisbolygóöv belső vidékén, és ezekből lettek a Baptistina kisbolygócsalád tagjai. A kataklizmát egy kb. 60 km-es másik kisbolygóval történő ütközés okozhatta, 20 millió éves hibahattárral becsülve 160 millió évvel ezelőtt. A szétDarabolódáskor mintegy 300 darab 10 km-nél nagyobb és kb. 140 ezer darab 1 km-nél nagyobb töredék keletkezett. Ezek pályái főleg a Jupiter zavarai, valamint a Jarkovszkij-effektus révén fokozatosan megváltoztak. A nagyobb darabok kb. 20%-a jutott olyan ún. rezonanciasávokba a kisbolygóövében, ahonnan a pályaháborítások miatt kilöködtek, és mintegy 2%-uk a Földet is keresztező pályára állt.

A Baptistina-kisbolygócsalád keletkezése jelentősen megnövelte a becsapódási gyakoriságot a Naprendszer belső részén az utóbbi kb. 100 millió évben. Mindezzel egybevág, hogy a Föld és a Hold esetében az utóbbi 100–150 millió évben közel duplájára emelkedett a kráterkeletkezések gyakorisága. Elképzelhető, hogy ebből az égitestcsoportból származik az a kb. 10 km-es objektum, amely 65 millió évvel ezelőtt globális kihalást okozott. Ennek valószínűségét növeli, hogy a kémiai elemzések alapján a robbanástól keletkezett Chicxulub-krátert egy szenes kondrit típusú égitest hozta létre – ilyen objektumokból áll a Baptistina-kisbolygócsalád is. Továbbá közelítőleg 70% az esély arra, hogy a Holdon ismert 85 km-es Tycho-kráter szintén a Baptistina-kisbolygócsalád egyik töredékétől keletkezett kb. 105 millió éve.



Egyre több kettős és többszörös objektumot fedeznek fel az apró égitestek között. A 2007 TU24 jelű kisbolygót 2007. október 11-én azonosították a Catalina Sky Survey program keretében. A pályaelemek vizsgálata rámutatott, hogy becsapódására belátható időn belül nem kerül sor, bár az objektum 2008 elején viszonylag közel halad el mellettünk. A kisbolygót 2008. január 23-án megfigyelték a goldstone-i rádióteleszkóppal, amikor az a Holdnál még 11-szer távolabb volt tőlünk. Az ötórás észlelés alapján úgy fest, hogy a kisbolygó két nagyobb testből áll, amelyek együttes mérete 250 m. Sikerült továbbá megállapítani, hogy az égitest nagyon lassan forog, tengelyforgási ideje 10 és 30 óra közötti. Még izgalmasabb az Aten típusú 2001 SN263 jelű kisbolygó esete, amely körül az arecibo-i rádióteleszkóppal két holdat azonosítottak. Míg a központi objektum közel 2 km-es, két kísérője 0,3 és 1 km közötti méretű. A Neptunuszon túli kettős égitestek teljes száma is nőtt, 2008-ra meghaladta az 50-et. A kísérők itt általában hasonló fényességűek és méretűek, mint a főkomponensek, bár ez kiválasztási effektus is lehet.

A Plútó törpebolygó legnagyobb holdján, a Charonon friss vízjég kristályokat azonosítottak a Gemini Observatóriumban. Ezek hosszú idő alatt a kozmikus sugárzástól amorfi szerkezetűvé alakultak volna, megjelenésük alapján a közelmúltban keletkezhettek. Ez történhetett kriovulkanizmus révén, amelynek keretében feltehetőleg ammóniában gazdag, alacsony olvadáspontú víz spriccelt a Charon felszínére a hold belsejéből. A Charonban a víz folyékony állapotban tartására még nincs elfogadott magyarázat, talán az árapály- és a radioaktív fűtés egyaránt közreműködik ebben, bár az újabb modellek alapján a jeges holdak kihűlése sokkal lassúbb, mint korábban feltételezték, ezért fagyáspontcsökkentő anyagok jelenléte esetén felszín alatti óceánból jó pár lehet még a Naprendszerben.

Nagy feltűnést keltett a 17P/Holmes-üstökös, amely 2007. október 23-án látványos kitörést produkált, majd hamarosan a Nappal azonos méretűvé és szabad szemmel is látható objektummá vált. A kómája főként porból állt, kitörésének jellege emlékeztetett az 1892-ben ugyanennél az üstökösnél megfigyeltékhez. Több molekula nyomát is azonosították az üstökös színepeiben ( $\text{OH}^-$ , CS, CO,  $\text{C}_2$ ,  $\text{C}_3$ , CN,  $\text{CH}_3\text{OH}$ ), ezek egy része nem közvetlenül az üstökös magból, hanem a már kirepült porszemcsékből szublimálhatott. Halvány ioncsóva is mutatkozott, amelynél november elején egy csóvaleszakadás is látszott, amikor az üstökös egy mágneses szektorhatárt lépett át a napszélben. A HST képei alapján a kb. 3,4 km átmérőjű mag körül több apró töredéket is megfigyeltek.

A meteoritok kutatása terén a Naprendszer őanyagát őrző, ún. CR kondritok adtak új eredményeket. Az Antarkiszon 1992-ben és 1995-ben ta-

lált EET 92042 és GRA 095577 meteoritokban az aminosavaknak, a fehérjék alapvető építőköveinek a gyakoriságát vizsgálták. A mért aminosav-koncentráció magasabb volt bármely korábbi meteoritban azonosítottnál: 180 illetve 249 ppm arány mutatkozott – míg más meteoritoknál a kérdéses érték általában 15 ppm alatti. Elképzelhető tehát, hogy az ősi Földre meteoritokban hulló szerves anyag mennyisége nagyobb volt a korábbi becsléseknél.

## Bartha Lajos

# Négyszáz éves a távcső

Bár a világmindenség kutatásának manapság már egyre több, különféle elveken működő eszközt alkalmazunk – a gammafoton-számlálótól a neutrinó-felfogóig –, a csillagászatnak jelenleg is nem csupán fő megfigyelő eszköze, de jelképe is a távcső.

Mint az emberiség történelmének számos nagy találmánya, a távcső eredete is a bizonytalanság, elsőbbségi viták ködébe vész. Bizonyos annyi, hogy 1608. október 2-án *Hans Lipperhey* middelburgi szemüveglencse-készítő a hágai kormányzótanácshoz fordult, hogy a távoli tárgyak szemlélésére alkalmas eszközére – vagyis a távcsőre – harminc évre szabadalmat kaphasson. Ezért ezt az időpontot tekinthetjük a távcső „születésnapjának”.

A későbbi alapos kutatások során felmerült, hogy már a XVII. sz. előtt is készítettek egyesek távcsőnek nevezhető optikai eszközöket, ún. „prototávcsöveket”. A teleszkóp négy évszázados történetét ezért ezekkel az előtávcsövekkel kell kezdenünk.

## A „prototeleszkóp” rejtélye

A távcsövek történetének kezdetén mindjárt egy optikai különlegességgel találkozunk, amelyről azonban nem tudni, hogy valóban létezett-e?

A távoli tárgyakat élesen megmutató, közelre hozó „látócső”, vagyis a távcső eszméje a XIII. századig, a filozófus-természetkutató *Roger Bacon* (1215–1292) nyúlik vissza. Az optikai alapokat az arab *Ibn al Haitham* (965–1039), akit az európai világ *Alhazen* néven ismert, sok vonásában helyesen foglalta össze. Műve azonban, amelyet az Itáliában élő lengyel *Vitelius* (Witelo, 1270 k.) a XIII. században fordított latin nyelvre, még nem alapozta meg a távcső elvét. A látásjavító szemüveg elterjedése a XIII. századtól és a lencsekészítés tökéletesedése hordozta magában a távcső gondolatának csíráját.

A távcső egyik korai nyoma is alighanem a szemüveg hatásának fokozására *Leonardo da Vinci* (1452–1519) jegyzeteiben bukkan fel, a XV. sz. végén. Eszerint „szemüveggel a Hold nagyobbra látható”. Ez azonban még csak a

zseni időskori látásromlásának nyoma. Érdekesebb az ún. „*Codex Atlanticus*”-ban magyarázattal ellátott rajzvázlata: ezen egy állványra erősített cső látható elől levő kétszer domború lencsével a következő felirattal: „Nézőüveg kristályból, a szélén egy unciától néhány uncia vastagságig”. (Az uncia e helyen nem súly-, hanem hosszmérték, a hüvelyk tört része.)

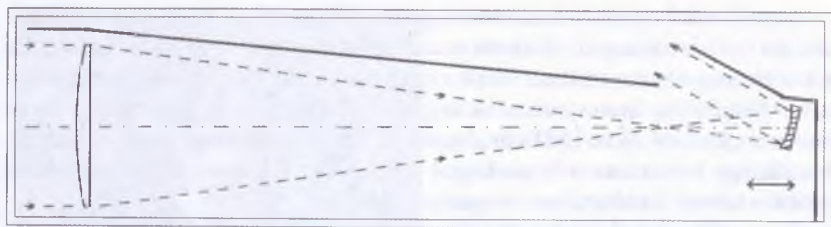
A tárgylencsének megfelelő üveg kétszer domború, az okulár sík-homorú, mindkettő átmérője kb. 48 mm, távolságuk 72 mm. A lencsék anyaga tiszta hegyikristály, mert Leonardo korában nagyobb, jó átlátszóságú üveglencsét nehezen sikerült előállítani. A leírás jól megfelel az ún. *holland-távcsőnek*, sőt a lencséket két, egymásba tolható csőbe tervezte, vagyis már az okulárkihuzat eszméjét is felvette [1, 2]. Leonardo azonban ezt a gondolatát nem hozta nyilvánosságra. Tükörírású jegyzeteit csak a XIX. sz. óta ismerik!

A másik, napjainkban vitatott korai elgondolás a Digges–Bourne-féle távcső. Az eszköz különlegessége – ha ugyan tényleg elkészítették –, hogy éppen fordított optikai rendszerű volt, mint a mai tükros teleszkópok: az objektívje egy gyűjtőlencse, okulárként pedig egy homorú tükör szolgált [3].

A tragikus sorsú *Leonard Digges* (kb. 1520–1563), az angliai reneszánsz jeles alkotója földmérő, hajózási és csillagászati műszereket tervezett. Egyik szögmérő eszközét „theodelitus”-nak nevezte, innen ered a mai teodolit műszernév. Amikor támogatóját, Thomas Wyattot 1554-ben összeesküvéssel vádolták, Diggest is letartóztatták, vagyonát, műhelyét és eszközeit elkobozták. Írásait fia, Thomas Digges (1546–1595) adta ki. Az 1571-ben megjelent „Pantometriának nevezett gyakorlati geometria...” (A Geometrical practise, named Pantometria...) c. munka Thomastól származó előszavában olvashatjuk az alábbiakat: „Apám a matematikával alátámasztott fáradságos próbálkozásával képes volt arra, amit minden időben megismételhetett, hogy különféle, egymáshoz megfelelő szögben elhelyezett üvegekkel ne csak ráismerjen a távoli tárgyakra, elolvassa a betűket, megszámlolja és felismerje barátai által szétszórt kis pénzérmeket a Downes-on túli térségen is, hanem még azt is megmondja, mit dolgoznak a hét mérföldön túl (kb. 11 kilométerre) levő kertekben.” [4].

Az 1990-es években Colin B. Ronan tudománytörténész felhívta a figyelmet a XVI. sz.-i földmérő, *William Bourne* – Digges ifjabb kortársa – kézirataira. Ebben leírja, hogy egy aránylag hosszú gyűjtőtávolságú gyűjtőlencse és egy rövid fókuszú homorú tükör kombinációjával jó nagyított kép állítható elő [4]. A rekonstruált Digges–Bourne-távcső (1. ábra) működőképesnek bizonyult, de több technikátörténész (pl. Gerald L'E. Turner) vitatja hogy a kellő pontosságú optikai alkatrészeket a XVI. században előállíthatták volna [5]. Az ifjabb Digges-t sem tartják teljesen szavahihetőnek.





1. ábra A Digges–Bourne-féle távcső sugármenetének rekonstrukciója, C. Ronan szerint.

Leonardo és Digges azért nem tekinthetők a távcsőkészítés előfutárainak, mert ha végeztek is tényleges kísérleteket, azok ismeretlenek maradtak, semmilyen hatásuk sem volt a haladásra.

Lehetséges azonban, hogy a XVI. sz. végén ösztönzően hatott a lencsekészítőkre a nápolyi Giambattista della Porta (1535?–1615) könyve, a *Magia naturalis* (Természetes mágia, első kiadás 1554) [6]. A mű, amelyben összekeveredik a misztikum és a kor természetismerete, hatalmas sikert aratott. 1589-ben, sokkal bővebb változatban újra kiadta. Porta több optikai eszközt ismertet. Amint írja, homorú (szóró)lencse kicsiny, de éles képet ad – lehet, hogy Porta rövidlátó volt – a közeliokről a domború (gyűjtőlencse) homályosat, de nagyítottat. Ezért „Ha jól ismerjük meg ezek egymással való pontos összeállítását, akkor a távoli és a közeli tárgyakat egyaránt nagyobbak és nagyon élesen látjuk, mint máskülönben látszanak” [7].

A mondatból kiviláglik, hogy della Porta *sohasem készítette el* a „holland rendszerű” távcsövet, hiszen az nem lehet egyszerre teleszkóp és mikroszkóp is. Az 1610-es években mégis hangoztatta, hogy Galilei az ő eredményeit sajátította ki.

## Ki találta fel a lencsés távcsövet?

A használható, iparszerűen gyártható távcső eszméje és kivitelezése nem ok nélkül váratott magára. A XVII. sz.-ig az optikai lencsék gyártása, csiszolása eléggé fáradságos és költséges művelet volt. A tudósok részéről sem nyilvánult meg igazán nagy igény a messzire látó, vagy nagyító eszköz iránt. Nem is gondoltak arra, hogy optikai rendszer segítségével tegyék pontosabbá az égitestek beállítását; arról pedig senki sem álmodott, hogy egy ilyen nagyítócső új, addig ismeretlen jelenségeket tárhat fel. Talán még leginkább a hadvezetés és az akkor fellendülő óceáni hajózás érezte az ilyenféle optikai berendezések szükségét.

A gyakorlati optikusok, szemüvegcsiszolók azonban talán úgy vélekedtek, ha egy lencse nagyított képet mutat, akkor két lencse egymást erősíti. Ez a kísérletezgetés vezetett a XVI. sz. végén az összetett *mikroszkóp* megalkotására. Feltalálója bizonyítatlan. A legvalószínűbb a middelburgi *Hans* és *Sacharias Janssen*, akik 1590 körül nassaui Móric orániai hercegnek ajándékoztak egy kétlencsés mikroszkópot [8]. A Janssen-család és nassaui Móric utóbb a távcső történetében is szerepet játszik.

Romantikus történetek szólnak arról is, hogy holland szemüvegcsisztók gyermekei játszottak a lencsékkel, és közben vették észre azok „távcső-hatását”. Ezek a legendák, eltekintve attól, hogy csak a XIX. században keletkeztek, azért sem hihetőek, mert a szemüveglencsék túlságosan értékesek voltak ahhoz, hogy gyermekek kezébe kerüljenek. Vélhető azonban, hogy a lencsekészítők próbálgatásai során alakult ki a holland távcső, ahol is a domború (gyűjtő) objektívlencse képét homorú (negatív) okulárlencsével szemléljük. A távcsőgyártók azért misztifikálták az eszköz feltalálását, mert növelni akarták megbecsülését.

Annai mindenképpen tény, hogy a weseli születésű, de már évek óta Hollandia legdélibb félszigetén, a Schelde két ága között fekvő Middelburgban letelepedett Hans Lipperhey (†1619, 2. ábra) 1608. október 2-án a batáviai államszövetség hágai tanácsosaihoz fordult, harminc évi szabadalmat kérve a távoli tárgyakat közel mutató nagyítócső gyártására. (Lipperhey nevét néhol Lippershey-ként is olvashatjuk.)

Szerencsének mondható, hogy az egyenes állású képet adó típust – a „holland messzelátót” – készítette el, mert a megfordító (csillagászati) távcső nyilván kevésbé nyerte volna el a tanácsurak tetszését, akik a németalföldi függetlenségi harc idején értékelni tudták a „távolba néző” eszköz katonai jelentőségét. (Éppen ekkoriban, 1609-ben köt fegyverszünetet a spanyol korona a függetlenségét kivívó Hollandiával.) Így is arra kötelezték Lipperhey-t, hogy két szemre alkalmas, mai kifejezéssel



2. ábra Hans Lipperhey



3. ábra Sacharias Janssen

pott. Az államszövetség tanácsa 1609. február 13-án Lipperhey szabadalmi igényét is elutasította, mert megállapították: a távcsőkészítés módját már többen ismerik. Megbízták azonban, hogy 900 aranyért több nagyítósövet készítsen [10].

A döntés indokolt volt, mert *Sacharias Janssen* (1580 k.–1638, 3. ábra) 1608. október 14-én szintén fellépett az első távcső összeállítójának igényével [11]. A Hágából származó middelburgi szemüvegekészítő Janssen-család neve korábban felbukkant az *összetett mikroszkóp* feltalálójaként. Pierre Borell 1654-ben megjelent, „*De vero Telescopii Inventore*” (A távcső valódi feltalálója) c. művében oklevelek alapján megírta a távcső történetét. Eszerint Sacharias Janssen a „holland távcső” megalkotója. Testvére, Har Janssen is esküvel állította, hogy Lipperhey tőlük lopta a *mikroszkóp* gondolatát.

Ezt a lehetőséget nem zárhatjuk ki, mert tény, hogy Lipperhey és a Janssen-család műhelye csupán egy saroknyira volt egymástól. A mikroszkóp adhatta a gondolatot a távcső megszerkesztésére. Cornelis de Waard holland történész úgy véli, hogy távcsővel először *Sacharias Janssen* kísérletezett 1604–1608 között, a *használható, „holland rendszerű” látcső gyakorlati megol-*

*binokuláris távcsövet* készítsen, hegyikristály lencsékkel. A XVII. sz. elején azonban nem volt könnyű tökéletesen azonos gyújtótávolságú, domború (gyűjtő) ill. homorú (szóró) lencséket előállítani. Lipperhey csak tíz héttel később tett eleget a kívánságnak, amikor is 300 arany jutalmat kapott [7, 9].

Közben azonban felbukkant egy újabb „feltalálójelölt”, az alkmaari Jacob Adrianszoon (+1624 és 1631 közt), vagy más néven *Metius* műszerkészítő. 1608. október 15-én ugyanott egy hasonló eszközre kért szabadalmat. Állítása szerint már régebben folytatta kísérleteit, amit nassauai Móric, Oránia hercege is tanúsíthat. Kívánságát elutasították, de az átadott eszközért 100 aranyat ka-



dása pedig 1608-ban Hans Lipperhey érdeme, [11]<sup>1</sup>. Az elsőbbségi vita azonban ma már érdektelen [2].

Aligha tekinthetjük véletlennek, hogy amíg fél évszázadon át a gondolat gyakorlati megvalósítására nem sok kísérlet történt, a XVII. sz. elején egyidejűleg három feltaláló is előáll. A németalföldi függetlenségi harc – és a tűzérés fejlődése – felértékelte az eszközt. Nassaui Mór herceg, akinek a feltalálók a támogatását keresték, a szabadságharc sikeres hadvezére, a németalföldi sereg újjászervezője volt, méltányolni tudta a távcső jelentőségét. Middelburg pedig éppen a németalföldi függetlenségi küzdelem központjának számított.

Lipperhey-ről egyébiránt a kortársak erős ellenszenvvel nyilatkoznak. Meglehet, hogy csak jó gyakorlati érzékű, de talán erőszakos üzletember volt. Janssens viszont némileg népszerűvé tette, hogy spanyolországi pénzeket hamisított, amivel rontotta az ellenség pénzének értékét [10].

Mindenképpen bizonyos, hogy 1608-ban a távcső már használatban volt. Mór herceg kísérője egy nagyító eszközt látott, amely a 3-4 mérföldre levő tárgyakat olyan közel mutatta, mintha 100 lábnyira lennének; a hágai várostoronyból pedig leolvashatták a delfti toronyóra számlapját. A távcső 1609 elején elindult hódító útjára. A francia király követe már 1608 decemberében tárgyalta Lipperhey-jel urának szállítandó nagyítócső beszerzéséről [7]. A következő év tavaszán brüsszeli ötvösök már árusítottak távcsöveket. 1609 áprilisában Párizs és London optikusainál is vásárolhattak kézi látcsövet, májusban pedig a brüsszeli Albert herceg 390 aranyat fizetett ötvösmesterének két távcsőért<sup>2</sup>. Ekkor már Milánóban is kapható volt a „cannocchiale” [10].



4.ábra A XVII. sz. derekán a távcső a katonaság egyik elterjedt eszköze volt. Távcsővező katonatiszt (holland rézkarc).

1 Elégképpen kézenfekvő, hogy ha az összetett mikroszkóppal a közeli kicsiny tárgyakat meg-nagyobbítva látjuk, akkor olyan optikai rendszer is készíthető, amellyel távoli tárgyak közelebbinek látszanak (magnóvaljuk a látószöveget). E sorok írója úgy sejtí, hogy Sacharias Janssen a mikroszkóp lencserendszerét felhasználva próbálgatással készítette el a Kepler-féle (csillagászati) távcsövet, de nem volt megelégedve az eszközzel, mert fordított állású képet adott. Ezért kísérletezett éveken át. Lipperhey-nek sikerült az „el-lopott mikroszkóp” szerkezetéből kiindulva, de az egyik pozitív tagot szórólencsére (negatív tagra) kicserélve, az egyenes állású képet adó holland távcsövet megvalósítani.

2 A korabeli pénznekem országoként is változó reálértékét nehéz pontosan meghatározni. Összehasonlításként: 1600-ban az akkor már tekintélyes Tycho de Brahe birodal-



Magyarországon egy 1631. évre szóló szebeni kalendáriumban bukkanunk távcsöves csillagász ábrájára. Daniel Speer 1650 körül tatrai kirándulásáról írva, földi (holland) látcső használatát említi. Csillagászati távcsővel végzett észlelésről nyomtatásban először Johannes Misch (1613–1677) nagyszombati jezsuita közül beszámolt az 1661. évi üstökösről írt „Prognosticon”-ban. (Prognosticon astrologicae ex Martino-Saturnina cometa, 1661). Ezek az évszámok nem jelentenek nagy lemaradást, mert pl. 1641-ben a híres wittenbergi egyetemen egyetlen távcső sem volt!

A katonaságnál hamarosan híre ment az új, hasznos eszköznek. A XVII. sz.-ban a hadvezérekről készült portrékon már szinte elengedhetetlen kellekké vált. Pedig az első távcsövek eléggé kezdetleges jószágok voltak! A holland készítmények hossza (fókusz-távolsága) 50–65 cm volt – 2 dioptria, ill. 24 hüvelyk – kb. 15–25 cm (4–6 dioptriás) negatív gyűjtőtávolságú okulárlencsével. Nagyításuk 2,5–4-szeres közé esett. Papír- vagy ólomcsőbe erősített, 2–3 cm átmérőjű lencséiket nem lehetett egymáshoz képest elmozdítani; a szemnek kellett jól-rosszul alkalmazkodnia. Az objektív- és okulárlencsék távolságának állítását csak 1620 körül kezdték alkalmazni. Kezdetben sokszor az objektívet lehetett ki-be tologatni. Csak később, a nagyon hosszú teleszkópok használata során derült ki az okulárkihuzat előnye. Galilei sem ismerte az okulárkihuzatot, ezt tanítványa, Evangelista Torricelli, vagy talán Christoph Scheiner használta elsőként.

## Galilei és Kepler – a távcső tökéletesítése

Olykor a távcső feltalálójának sorában felbukkan Galileo Galilei (1564–1642) neve is. A nagy itáliai tudós azonban írásban ilyesmit sohasem állított. Nevezetes művében, a „Csillaghírnök”-ben (Sidereus Nuncius, 1610) így ír: „Mintegy tíz hónappal ezelőtt [1609 májusában, Velencében B.L.] az a hír jutott a fülembe, hogy valami flamand készített egy távcsövet, amelynek segítségével a látható tárgyak, legyenek bár a megfigyelő szemétől nagy távolságban, olyan jól megkülönböztethetők, mintha a közvetlen közelben volnának; ehhez a kétségtelenül csodáltnivaló hatásához még különböző tapasztalatok is tartoztak, amelyeknek egyesek hitelt adtak, mások nem. Pár nappal később a nemes francia, Jacob Badovere Párizsból levélben

---

mi matematikusként 3000 arany fizetést húzott, ebből azonban a segédjét is fizetnie kellett. A Galileinek felajánlott 1000 velencei arany évi fizetés, tanártársaiéval összevetve páratlanul magas összeg volt.

mege erősítette mindezt; ez arra készítetett, hogy teljes figyelmemet a magyarázat kifürkészésére, nemkülönben a mód kigondolására fordítsam, hogyan találhatnék fel egy hasonló eszközt; ehhez kevésbé később, a fénytörés elméletére támaszkodva, el is jutottam.” (ford. Csaba Gy. G.)

A „nézőcső”-ről valójában talán a velencei, Fra Paolo Sarpi (1552–1623) útján értesült, aki 1608 novemberében már látott holland távcsövet. Jobbnak látta azonban az egyház által hevesen támadott barátja nevének elhallgatását<sup>3</sup>. A hírhedt Galilei-per alkalmával Sarpihoz fűződő kapcsolatát is felrótták neki.

Galilei azt állítja, hogy a „refrakció mélyreható tanulmányozása”, valamint saját „korábbi találmányai” alapján megszerkesztette és kipróbálta a holland távcső javított példányát. Ez enyhén szólva is túlzás, mert korábban nem foglalkozott optikával. De találékonyságával és gyakorlati érzékével bizonyára hamar elkészíthette, majd tökéletesítette a hollandiai találmányt: újdonságként *belső fényrekeszt* is alkalmazott.

Annyi bizonyos, hogy távcsövei hamarosan túlszárnyalták a holland és német gyártmányokat. Amíg az utóbbiak csekély nagyítás mellett homályos, gyakran elmosódott képet adtak, Galilei távcsövei jobb képalkotással 7-szeres, majd 10–20-szoros sőt 32-szeres nagyítást értek el. Élete során mintegy 60 látcsövet készíthetett. A saját készítésű távcsöveit annyira tökéletesítette, hogy 1609. augusztus 21-én a velencei Szent Márk templom tornyából, Leonardo Donati dózse és a szenátorok, patríciusok számára bemutathatta. A hatás akkora volt, hogy a szenátus a padovai egyetemi tanári fizetését addig nem is álmodott 1000 aranyra emelte, és élethossziglani állást ajánlott számára [12]. Rövidesen azonban Velencében már az a szóbeszéd járta, hogy nem is a „ravasz firenzei” a távcső feltalálója, azt holland szemüvegkészítők már Észak-Itáliában is árusítják 3-4 zecchinóért (velencei aranyért).



5. ábra Galilei távcsövének objektívje, amellyel a Jupiter holdjait felfedezte (Firenze, Országos Tudománytörténeti Múzeum).

<sup>3</sup> Sarpi, aki maga is szerzetes volt, élesen bírálta az egyházi szervezeteket és egyes dogmákat, és sikeresen képviselte a pápai tilalom ellenében a velencei köztársaságot, ezért a Szent Hivatal üldözte.

Galileinek legnagyobb érdeme azonban nem a távcső kivitelezése – bár teleszkópja tökéletesebb volt másokénál –, hanem az, hogy nemcsak elsőként fordította a csillagok felé a műszert, de *merte* is leírni az új csodákat: *hitt a távcső nyújtotta kép valóságában*. Maga is kiemelte, hogy „százezerszer is százezer csillagon, és különféle földi tárgyakon kipróbálta”, és meggyőződött a távcsőben látott kép hitelességéről.

Éppen ez a bizalom készítette arra, hogy az ég felé irányítsa távcsövét, és *Sidereus Nuncius* (Csillaghírnök) c. könyvében, 1610 márciusában közzé tegye a csodálatos újdonásokat. Az 550 példányban kinyomtatott munka hetek alatt elfogyott. Anglia velencei követe már a megjelenés napján elküldött egy könyvecskét uralkodójának, Jakabnak. Ezzel a művel kezdődött a modern „távcsöves csillagászat”.

A távcső *elméletének* tényleges megalkotója Johannes Kepler (1571–1631) viszont soha sem rendelkezett saját teleszkóppal, pedig a korszerű fénytán Kepler műveivel kezdődik. 1604-ben megjelent könyve, az *„Ad Vitellionem Paralipomena”* (Magyarázatok Vitelliushoz) elsősorban a fénytöréssel foglalkozott. 1611-ben adta ki a mindössze 79 kis oldalas *„Dioptrice”*-t, az előző mű továbbfejlesztését, amely már *tartalmazza a távcső első elméleti leírását* [13].

A Dioptrika magában foglalja mind a holland távcső, mind a csillagászati (Kepler-féle) lencsés teleszkóp szerkesztési elvét. A *negatív okulárlencséjű „holland”* műszer egyenes állású képet ad, de csak kis nagyításra alkalmas, látótere szűk, a kép fényessége a látómező széle felé gyorsan csökken, a szferikus torzítás igen erős. A Kepler által javasolt „csillagászati” távcső, amelynek *okulárja is domború lencse*, nagyobb látómezejű, csekélyebb torzítású, a nagyítás elvben tetszés szerint növelhető, és az okulárlencse előtt mérésre alkalmas száldereszt, beosztás stb. építhető be. Hátránya, hogy fordított, „fejtetön álló” képet ad. Kepler azonban a *kép megfordításának* módszerét is leírta, az okulárlencse fókuszpontja mögött elhelyezett második gyűjtőlencse segítségével.

Kepler maga sohasem készítette el elméletileg megszerkesztett távcsöveit. A kölni választófejedelem, Ernő érsek adott kölcsön számára egy Galileitől kapott „perspektívá”-t. Mindössze 1610. augusztus 30. és szeptember 9. közt észlelhette a Jupiter holdjait. Könyvei azonban megteremtették a távcsőoptika elméletét.

A korai távcsőkészítők sorába tartozik az angol *Thomas Harriot* (1560–1621), aki azonban eredményeit nem hozta nyilvánosságra [7, 14]. Mint újabban kiderítették, pl. elsőként állapította meg a fénytörés ún. Snellius–Descartes-törvényét. A „holland távcsőről” már igen korán értesülhetett az Angliát felkereső németalföldi tudósoktól és kereskedőktől. Lencseit maga csiszolta, saját szerkesztésű berendezésével 1609 nyarán – Galileivel egy időben – már



egy hatszoros nagyítású „perspektivikus pipaszár”-ral (ahogyan tréfásan nevezte) tanulmányozta a Holdat. Rövidesen hét további távcsövet készített, amelyek nagyítása 10-, 20-, majd 32-szeres volt.

A távcsöveket ekkoriban „holland csőnek”, „nézőcsőnek” (perspicillum), „látócsőnek” (perspectiva), az olaszok Galilei után „ochiali”-nak (szemüvegeknek) – a csillagászati teleszkópot „astrospico”-nak – vagy egyszerűen „csőnek”, „hengernek” (tubus), „perspektivikus hengernek” (Harriot) nevezték. C. Scheiner a napészlelő műszerét „heliotropium telioscopium” (napkövető messzirelátó) néven írta le. Néha egyszerűen „műszernek” (instrumentum) mondták [7, 9]. A *teleszkóp* (telescopia) szót állítólag 1611 áprilisában Federico Cesi herceg használta Rómában<sup>4</sup>. Kinyomtatva először talán Julius Caesar Lagalla Holdbeli jelenségek c. ódájában fordul elő [9]. A megnevezést ettől függetlenül a milánói Hieronymus Sirturus terjesztette el, 1618-ban.

Az első távcsövek keltette szenzáció után egyre inkább kitűntek a kezdetleges eszközök hibái. Kepler már 1611-ben rámutatott arra, hogy a leképezés minősége szempontjából nem elhanyagolható az objektívlencse alakja. Ő maga kétszer domború (bikonvex) objektív használatát ajánlotta. Galilei a kísérletei során a domború-homorú (konvex-konkáv) keresztmetszet mellett döntött. Utóbb arra is rájött, hogy a lencse pereméről érkező, a legerősebb torzítást kiváltó sugárnyalábot fényrekezzsel, az objektív szűkítésével le kell takarni [12]. Legnagyobb, 51 mm nyílású távcsövét 26 mm-re kellett szűkítenie.

Az egyszerű (egytagú) szemüveglencsék, amelyeknek sokszor a megmunkálása sem volt kielégítő, torz leképezést nyújtottak. A gömbi torzulásuk (szferikus aberráció) – amely a kép központjától távolodva a fénypontok „pamacszerű” eltorzulásában nyilvánul meg – nagymértékű. Galilei egyik távcsövével pl. négyyszögletes csillagokat látott. Igen erős volt a színi hibájuk (kromatikus aberráció): a fényforrás a szivárvány színeiben mutatkozik, mivel az egyszerű lencse gyújtótávolsága a rövidebb és a hosszabb hullámhosszú (kék ill. vörös) sugarak számára eltérő. Egyik, 1616-ban kelt levelében Galilei arról panaszkodik, hogy egy bizonyos Antonio (lencsekészítő) mestertől háromszáz szemüveglencsét kapott kölcsön, ezek közül kettőt talált alkalmasnak!

4 A magyar „távcső” szót 1817-ben Kmeth Dániel gellérthegyi csillagász használta (Tudományos Gyűjtemény, 1817/IV. füz.), a Bugát Pál nyelvújító-orvos által javasolt „tácső” nem aratott sikert. Korábban a magyar nyelvű irodalomban is többnyire a „tubus” megnevezést alkalmazták. A XVIII. sz.-ban Molnár János „üveges tsive” (üveges cső, 1777), Pálóczi Horváth Ádám a „síp-üveg” (1790) elnevezést ajánlotta.



Az optikai hibák mellett az akkor alkalmazott okulárok is csak nagyon csekély nagyítást engedtek meg. Nagy nagyítású, rövid gyújtótávolságú, erősen görbült felületű okulárlencsákat sokáig nem tudtak készíteni. Galilei legnagyobb nagyítású távcsövével 33-szoros nagyítást ért el, negyven évvel később Huygens legjobb teleszkópja 55-szörös nagyítást adott. A földi – teresztrikus – okulárt a kapucinus *Antonius Schyrulaeus de Rheita* (1604–1660) valósította meg 1640 körül, talán Kepler nyomán.

A XVII. sz. elején a teleszkópok a szemüveggéskészítők lencséinek felhasználásával készültek, és ez eleve megszabta a méreteiket. Az objektívek átmérője – a használatban levő pápaszemek nagyságának megfelelően – kb. 2-5 cm, a gyújtótávolságuk mintegy fél méter és 2 m közt változott. Mivel a különféle távcsövek objektívjei közel azonos átmérőjűek voltak, ekkoriban a teleszkóp jellemzőjeként a hosszúságot tüntették fel.

A fényes nyílthalmazok (Praesepe, Plejádok) első távcsöves rajzai tájékoztathatnak a műszerekkel elérhető fényességhatárokról. Manapság jó minőségű, 26 mm-es nyílású lencsével a 10. fényrendű csillagok megpillantathatók. Galilei rajzain a 8-8,5 magnitúdós csillagok biztosan, egyes 9. fényrendűek részben azonosíthatók. A *Sidereus Nuncius*ban Galilei így fogalmazott: „...[a csillagok] a mondott formát mutatják távcsőben is, amelyet szabad szemmel nézve, de annyival nagyobbak, hogy egy öt vagy hat magnitúdós csillagocskát egyformának látunk a Canissal, a legfényesebb állócsillaggal.” (ford.: Csaba Gy. G.).

Két későbbi távcsövének egyike 5,1 cm-es, a másik 3,7 cm-es objektívet tartalmazott, ezeket azonban 2,6, ill. 1,6 cm átmérőre szűkítette (fókuszuk 132,6 ill. 97,6 cm). Vasco Ronchi kipróbálta az optikákat, és arra az eredményre jutott, hogy a leszűkített objektívek felbontóképessége 20 ívmásodperc, látómezejük 15 perc (a Hold látszó átmérőjének fele) [9].

A gyújtótávolság növekedése csökkenti a leképezés torzulását, valamint lehetőséget ad arra, hogy az aránylag hosszú fókuszú okulárokkal is növelhető legyen a nagyítás. Az összetett, két vagy több lencséből álló okulárok alaptípusát Huygens készítette el az évszázad derekán, két sík-domború lencsét helyezve egymás mögé (amelyek egyik tagjának gyújtótávolsága a másikénak harmadrésze). [7, 9]

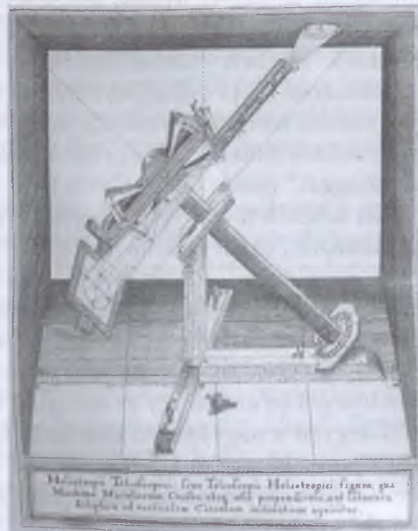
Kezdetben az aránylag könnyű távcsöveket kézben tartva, vagy megtámasztva használták. A csövek hosszának és súlyának növekedésével azonban a rögzítés egyre nagyobb gondot jelentett. A függőleges és vízszintes tengely körül elforgatható *azimutális szerelés* a XVII. sz. derekán terjedt el. Nem sokkal a távcső feltalálása után, 1618-ban már Nicola (Nicholaus) Gruenberger – vagy másként Grinberger – (1551–1636) a Nap észlelésére *ekvatoriális* (parallaktikus) tengelyrendszerű távcsövet készített. Az ekvatoriális tengelyrendszert volta-

képpen már az iszlám csillagászok, majd Tycho Brahe is alkalmazták műszereiknél. A szerelésnek azt az előnyét, hogy a pólusra irányuló tengely körül forgatva a beállított égitest mindig a látómezőben marad, C. Scheiner használta ki napkivetítő távcsövénél [15, 16]. A refraktorok nagy többsége a XVIII. sz. végéig azimutális tengelyrendszerrel készült, csupán a finombeállítás és a szögmérő körbeosztások tökéletesedtek.

Christoph Scheiner (1573–1650, 6. ábra) ingolstadt-i jezsuita tanár (és talán már egyidejűleg Galilei) alkalmazta először a Nap megfigyelésre az okulár-kivetítést (7. ábra), amely nemcsak a szemet kímélte, de a kép pontos rajzolását is lehetővé tette. Közvetlen szemlélésre megpróbálta a Nap ragyogását fényelnyelő, sötétebb színezetű lencsékkel csökkenteni. A telioscopnak elnevezett távcsövének lencséit kék üvegből csiszolta. E távcsöveit azonban más megfigyelésekre nem lehetett használni [15]. A XVII. század közepéig a csillagászati távcső minden lényeges alkatrésze – a szintelenítő objektív megoldását leszámítva – bár kezdeti formában, de kialakult. Csupán a tárgyak pontos beállítására szolgáló szállkereszt és a kicsiny szögek mérésére alkalmas mikrométer váratott magára.



6. ábra P. Christoph Scheiner



7. ábra Scheiner és Grinberger ekvatoriális szerelésű napkivetítő távcsöve, kb. 1613–16 között.

## Az első csillagászati megfigyelések

Úgy vélhetnénk, hogy a távcső megjelenésével a tudósvilág, de legalább a csillagászok kapva kaptak az új, sokat ígérő megfigyelési eszközön. Valójában azonban a XVII. első negyedében alig néhány észlelőről tudunk, aki távcsöves megfigyeléseket végzett. Ez a tartózkodás nem jelentett feltétlenül maradi szemléletet, vagy arisztotelianus beállítottságot, bár erre is akadt példa, éppen Galilei környezetében. Tanártársa, Cesare Cremonini, nem volt hajlandó a látcsőbe nézni, „mert a szemüvegen át való nézelődés csak elbutítja az embert”. Lochovici Martin Horky pedig Keplerhez írt levelében tagadta, hogy a teleszkópon át bármi is látható az égen [12].

Galilei jó diplomáciai érzékkel 1611 tavaszán Rómában bemutatta a távcsöveivel látható égi jelenségeket magas egyházi méltóságoknak – sőt magának V. Pál pápának – a tudományos kérdésekben nagy tekintélyű Jézus Társasága kollégiuma előtt. A jezsuita tudósok, köztük a távcsöves megfigyelések helyességét korábban vitató *Christopher Clavius* (1537–1612) megerősítették a látcső nyújtotta kép realitását [12]. (Ez azonban nem jelentette azt, hogy az értelmezést is elfogadták!) Ezzel mintegy hitelesítették a refraktor alkalmasságát, és Itáliában már nemigen akadt kételkedő. Az Alpoktól északra nagy súllyal esett latba Kepler véleménye.

A kezdeti bizalmatlanság egyik oka kétségtelenül a távcsövek optikai működésében és leképezési hibáiban rejtett [10, 12]. A lencsék „eltérítik”, megtörik a fényt, és a fehér sugarakat színesnek mutatják. Egyesek feltételezték, hogy a távcső „eltorzítja” az égitestek valóságos képét.

Többnyire *Galileo Galilei*t tekintik az első távcsöves észlelőnek. Ez olyan szempontból igaz, hogy bízva a távcsőben látottak valóságában, *vizsgálatait elsőként tette közzé nyomtatásban*. Céltudatosan kutatta hogy az égitestek távcsőbeli látványa miként használható fel a napközponjú rendszer igazolására, ill. az arisztotelészi világszemlélet cáfolatára [12]. Távcsővel vizsgálódó kortársai jobbra azt jegyezték fel, hogy milyenek az égitestek az optikai eszközzel szemlélve. Röviden megfogalmazva: Galilei a távcsöves kutatás *világnézeti következményeire*, míg a legtöbb kortársa a *csillagászati jelenségekre* volt kíváncsi. Ez tűnik ki a Csillaghírnökből is. Ennek a vékony füzetnek forradalmi jelentőségét a világosan gondolkodó kortársak is felismerték. Amint Firenze angol követe királyának megfogalmazta a Sidereus Nuncius-hoz mellékel levelében „Ilyen módon ez az ember felforgatta az egész asztronómiát...”.

Valójában már Galilei előtt, ill. vele egyidejűleg néhány másik észlelő is megpróbálkozott a lencsés távcső csillagászati alkalmazásával. *Thomas*



Harriot 1609/10-ben szinte minden égitestet megvizsgált, amelyeket Galilei is leírt. Ezek az első megfigyelők azonban csak később tették közzé észleléseiket, vagy közleményeikre nem figyeltek fel. (Harriot észlelései csak levelezésében, töredékesen maradtak fenn.)

Galilei 1609 májusában értesült a távcső feltalálásáról, és elkészítette saját műszerét, majd júniustól kezdte vizsgálni az eget. Néhány hónap alatt egy sor fontos felfedezést tett, szinte egy új, addig ismeretlen eget tárt fel a világ előtt [15].

Távcsöve olyan csillagokat is megmutatott, amelyek szabad szemmel nem voltak láthatók. Az *Orion öve* táján addig nem észlelt csillagok seregét rajzolta le (mint írja, talán ötszáz is látszik e területen). A *Plejádok* (Fiastyúk, M45) halmazában 6-7 csillag látható, a távcsőben 36 csillagot rajzolt le. (Vele egy időben Harriot is azt jegyezte fel, hogy a Plejádokban látott csillagokat „meg sem tudja számolni”.) A puszta szemmel ködös foltnak tűnő Praesepe (Jászol, M44), csillagok sokaságának bizonyult. Ha Isten az emberek gyönyörködtetésére teremtette a csillagokat, amint azt a skolasztikusok hangoztatták, miért alkotott olyan halvány égitesteket, amelyek puszta szemmel nem láthatók? – tette fel a kérdést Galilei. A *Tejút* összemosódó ezüstös fényszalagjáról kitűnt, hogy „apró csillagok sűrűsödésének” fénye. A megfigyelés évezredes vitát döntött el.

Megállapította, hogy amíg az állócsillagok képe a látcsőben a nagyítás fokozásával egyre kisebb fénypontnak látszik, addig a „fénylő testek” – vagyis a bolygók – egyre nagyobb, éles határu korongnak mutatkoznak. Kitént tehát, hogy a csillagok és a bolygók egymástól különböző természetű égitestek. Az utóbbiak a Naptól kölcsönzik fényüket, ami (bár közvetve) azt látszik igazolni, hogy a világító központ körül és nem a Föld körül keringenek.

Az első távcsöves észlelők figyelme ezért is eleinte a Naprendszer tagjai felé fordult. Kézenfekvő, hogy szinte minden megfigyelő *először a Holdra irányította műszerét*. Galilei ezeket írta: „De hagyva a földi dolgokat, az égi vizsgálatokra adtam magamat; elsőként a Holdat vizsgáltam meg olyan közélről, mintha két földátmérőnyire [kb. 25 000 km – B.L.] lenne.” (ford.: Csaba Gy. G.).

Az első Hold-megfigyelés azonban Thomas Harriot 1609. július 17-i feljegyzése és (elégé kezdetleges) ábrája a *Hold sötét foltjainak helyzetéről*. A következő évben, hússzoros nagyítással 30 rajzot készítve, összeállította az *első holdtérképet* (8. ábra). Az alakzatokat sorszámokkal jelölte, de nem tudjuk, adott-e neveket is.

Szinte minden korai távcsöves észlelő megkísérelte, hogy térképet rajzoljon a Hold foltjairól, hegyeiről. [17, 18]. Az igen vázlatos rajzok többnyire csak az első vagy utolsó negyedben levő holdkorongot ábrázolják (pl. *Johann*





8. ábra A Hold térképe T. Harriot szerint (1610).

Georg Locher (1592–1633) rajza Scheiner 1614-ben kiadott művében). Az első holdtérképezőket az az elvileg helyes (ténylegesen azonban kevésbé alkalmazható) elgondolás vezette, hogy a holdfázisok segítségével a földrajzi hosszúság meghatározását tökéletesítsék.

A korai Hold-ábrázolások közül kiemelkedik az ismert francia grafikus, Claude Mellan (1598–1688) 1634-ben készült rézkarca, amelyet Nicolas-Claude Fabri de Peiresc (1580–1637) és Pierre Gassendi (1592–1655) rajzai alapján készített [18]. Három metszetén már mar-

kánsan és valóságghűen jelennek meg a holdkráterek. A modern holdtérképek előképét végül is a spanyol uralkodó udvari csillagásza, a flamand Michael Florent van Langren (latinosan: *Langrenus*, kb. 1600–1675) szerkesztette meg 1645-ben, negyven részletkép alapján. A térképek mérőeszköz nélkül, „szemmértékkel” készültek [18].

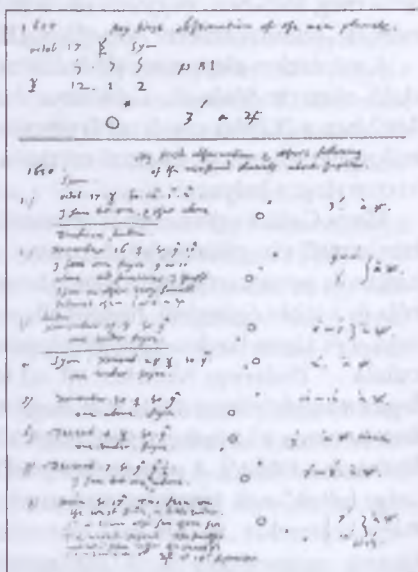
A mérésekre alapozott első holdtérkép már a következő nemzedék sokoldalú olasz tudósának, *Geminiano Montanarinak* (1633–1687) a munkája. 1662-ben a (Kepler-rendszerű) távcsövének okulárjába fonalhálózattól álló mikrométert épített, és ezzel mérte ki a holdkorong jellegzetes pontjainak viszonylagos helyzetét.

Maga Galilei egészen más szemmel tanulmányozta a Holdat. 1609 szeptemberétől vizsgálódva leszögezte: „...a Hold felülete nem kisimított, változatlan és pontosan gömb alakú, ahogy a filozófusok nagy serege vélekedik róla és a többi égitestről, hanem ellenkezőleg: egyenlőtlen, érdes, mélyedésekkel és kiemelkedésekkel teli, éppen úgy, mint magának a Földnek az *arculata*...” (*Sidereus Nuncius*, 13. o., ford.: Csaba Gy. G.). Számára ebből a legfontosabb felismerés az volt, hogy a Hold egészében a *Földhöz hasonló égitest*. Levonta a következtetést, hogy a Hold és a „Hold fölötti világ” nem különbözik a földtől. A pusztta szemmel látható, régen ismert sötét területeket „régifoltok”-nak (*maculae antiquae*), míg a távcsővel újonnan felfedezett nagy krátereket „új folt”-nak (*maculae novae*) jelölte. Tőle ered a „tenger” (*mare*) megnevezés is. A legnagyobb holdbeli hegyek magasságát 30 km-nek becsülte. Bár számos Hold-rajzot készített, térkép szerkesztésével nem próbálkozott.

A Naprendszer bolygói közül az első észlelők, 1609/10 fordulóján, szinte egyidejűleg a *Jupitert* vették szemügyre. A bolygó 1609-ben – az égi észlelésekre alkalmas távcsövek elkészítése idején – december 8-án volt igen alkalmas szembenállásban. Galilei 1610. január 7-én pillantott meg három kis csillagocskát a Jupiter mellett, hamarosan észrevette, hogy azok a bolygó körül mozognak. Január 13-án bukkant a negyedik kísérőre. Ezt a felfedezését tartotta a legfontosabbnak, amely közvetve ugyan, de érvként szolgált a napközpontú rendszer mellett (Pontosabban az arisztotelaiánus földközpontú világgép ellen!) A Föld nem lehet minden égi forgás központja, hiszen a Jupiter kísérői az anyabolygó körül keringenek. Emellett a Jupiter rendszere mintegy kisebb mása a Naprendszernek. Jelentőségük miatt és a toszkánai udvari matematikusi állás reményében nevezte el a holdakat, Medici hercegről Medici-csillagoknak. Cosimo Medicinek elküldte azt a távcsőlelencsét, amellyel a holdakat megpillantotta.

Simon Marius (családnevén Mayr, 1573–1624) a brandenburg-ansbachi Joachim Ernő őrgróf udvari orvosa és csillagásza voltaképpen megelőzte az olasz tudóst: már 1609. december 23-án felfedezte a Jupiter négy holdját. Hamarosan kimutatta, hogy a négy csillagocska a bolygó körül kering, de nem taglalta jelentőségüket. (Marius: *Mundus Jovialis*, 1614; A Jupiter világa). Munkáját a Csillagbírók után négy évvel adta ki, és könyvében használta először a négy nagy Jupiter-hold máig használatos mitológiai nevét: *Io*, *Europa*, *Ganymedes* és *Callisto*. Az év végén már Harriot is megfigyelte a Jupiter kísérőjét, és több éves észlelési sorozattal kísérte meg keringési idejük meghatározását (9. ábra).

Amikor Galileinek 1612-ben sikerült megfigyelnie az egyik hold eltűnését a bolygó árnyékában, az új ismeretek gyakorlati felhasználására is gondolt. A holdak mozgásának ismeretében, egyidejű észlelésük segítségével meghatározható két földrajzi hely hosszúságkülönbsége. A földrajzi hosszúság meghatározása főleg a tengerhajózásban okozott nagy gondot, ezért a tengeri hatal-



9. ábra Harriot rajza a Jupiter holdjainak mozgásáról, 1610/11.

mak szorgalmazták a kérdés megoldását. Galilei felajánlotta módszerét a spanyol koronának, de elutasították. A gyakorlatban az eljárás használhatatlan volt, a távcsövek kis látómezeje és nehézkes kezelése miatt. Tovább finomította a holdak megfigyelését, és utóbb a holland államtanácsnak is eljuttatta javaslatát. Ott méltányolták a tudós törekvését, és aranylánccal jutalmazták Galileit. (Az inkvizíció ellenőrzése alatt élő tudósnak azonban a kitüntetést nem volt szabad átvennie.)

Tőle függetlenül Aix-en-Provence-ban Nicolas-Claude Fabri de Peiresc is kidolgozta és alkalmazta a Jupiter-holdak módszerét a helymeghatározásra (1612), felismerte azt is, hogy az akkori eszközökkel a mérés nehézkes [19]. Csak évtizedekkel később az olasz-francia Giovanni Domenico Cassini módszere vált be a gyakorlatban is.

## A modern csillagászat kezdete

Galilei Csillaghírnökének legnagyobb értéke, hogy kaput tárt ki a tudós világ előtt – sőt olvasmányossága révén a kor művelt emberei előtt is.

Galilei híradása a bolygóképzésről fellelkesítette a távcsöves észlelőket, akik igyekeztek további holdak után kutatni. *Francesco Fontana* (1585–1656) nápolyi amatőr csillagász 1630 és 1646 között 14 újabb Jupiter-holdat vélt felfedezni. A holdaknak tartott objektumokról utóbb kitudott, hogy háttércsillagok, amelyek éppen a Jupiter pillanatnyi helyzetének irányában látszottak.

Két felfedezés azonban említést érdemel. Scheiner páter Ingolstadtban 1612. március 29. és április 8. között hét alkalommal észlelt a bolygótól délre „egy nagyon fényes és nagy, a Jupiter kísérőihez hasonlatos” égitestet. A rajzok alapján az objektum a 8,05 fényrendű HD 83225 katalógusszámu csillaggal azonosítható, amely azonban jóval halványabb a Scheiner által feljegyzett fényességnél. Ernst Zinner valószínűbbnek tartja, hogy egy *nóva*, vagy *nóvaszerű* változócsillag villant fel 1612. március végén [20].

A Csillaghírnök megjelenését követő hónapokban Galilei újabb (igaz, hogy ismét csak közvetett) bizonyosságot talált a heliocentrikus rendszer mellett: a *Vénusz fázisainak* változását, amelyre tanítványa, *Benedetto Castelli* (kb. 1577–1643) 1610. december 15-én hívta fel a figyelmét<sup>5</sup>. Galilei rövidesen be-

<sup>5</sup> Ha a Vénusz a Föld körül keringene, alsó és felső együttállásban egyaránt sötét félgömbje fordulna felénk. A Nap körül keringve azonban alsó együttállásban a megvilágítatlan oldala, felső együttállás idején a kicsi, de teljes fénylő korong látszik. A bizonyíték azért nem teljes értékű, mert a Tycho de Brahe által javasolt geo-heliocentrikus bolygórendszerrel is az utóbbi fényváltozás következik be.



tűkombinációból álló rejtjelezést (anagrammát) küldött *Giuliano de' Medici* hercegnek, amelynek megfejtése „A szerelem anyjának [Vénusz] alakjai Cynthiát [a Holdat] utánozzák”. (A Vénusz akként változtatja fázisait, miként a Hold.) Castellinek pedig azt válaszolta, hogy már az év nyaratól észleli a Vénuszt.

A Castelli-levél alapján többen őt tekintik a Vénusz-fázisok első észlelőjeként. Owen Gingerich azonban úgy véli, hogy Galilei valóban folyamatosan figyelte a bolygót, de távcsövének kis felbontása sokáig bizonytalanságban tartotta. Castelli jelzése azonban megerősítette a látottak helyességében [21]. 1610-ben a bolygó december 15-én tűnt félig megvilágítva; átmérője 24 ívmásodperc volt, közel az akkori távcsövek felbontási határához. Ugyanebben az időben *Harriot is észlelte a Vénusz fényváltozását*, sőt ő is a heliocentrikus világkép bizonyosságának tartotta, de ezt a megállapítását sem hozta nyilvánosságra.

A *Merkúr* megvilágítottságának hasonló változását Galilei bizonyosnak tekintette, de észlelni nem tudta. Megvolt azonban az elégtétele, hogy a jelenséget még az ő életében az itáliai jezsuita Zupus (*Giovanni Battista Zupi*, 1590 k.–1667) 1639-ben valóban megfigyelte [22]. A *Mars* mintegy 20 százalékgig terjedő fázisváltozását Galilei csak feltételezte. Bár a *Mars* 1610-ben kedvező helyzetben volt, az október 19-i közelség alkalmával látszó átmérője 21"-ig nőtt, ténylegesen ezt a jelenséget aligha észlelhette, távcsövének csekély felbontása következtében. A *Mars* fázisát Fontana örökölte meg 1638-ban, vagyis ugyancsak még Galilei életében. A *Marson sötét alakzatot* is felismerni vélte, de csak távcsövének tökéletlensége vezette félre. Ténylegesen felszíni részletet csak 1659-ben örökölt meg a holland *Christiaan Huygens* (1629–1695) [23]. A *Jupiter felhősávjait* az 1610-es évek távcsöves észlelői nem tudták megpillantani. Az amúgy is kicsiny nyílású teleszkópok rossz kontrasztja és a bolygó erős fénye ezt megakadályozta. *Niccolò Zucchi* (1596–1670) a tükrös távcső gondolatának felvetője és *Daniello Bartoli* (1608–1685) feljegyzése 1630. május 17-én az első ismert adat a *Jupiter felhőiről*. Ugyanebben az évben Fontana már rajzot is készített a sötét sávok helyzetéről.

Az első távcsöves észlelők számára a *Szaturnusz jelentett fogas kérdést*. Galilei 1610 nyarán, 32-szeres nagyítással figyelte a bolygót (augusztus 13-án került szembenállásba, amikor látszó átmérője 17", a gyűrű 38" volt, éppen távcsövének felbontási határán). A tudós megdöbbenve látta, hogy a bolygó korongjához kétfelől két kisebb függelék csatlakozik, amelyek azonban nem hasonlítottak a *Jupiter* – akkor már ismert – csillagnak tűnő holdjaihoz. Július 30-án *Medici hercegnek* a következőket írta: „A másik, nagyon különös csodát fedeztem fel... kérem Felsőgedet, tartsa titokban, addig az ideig,

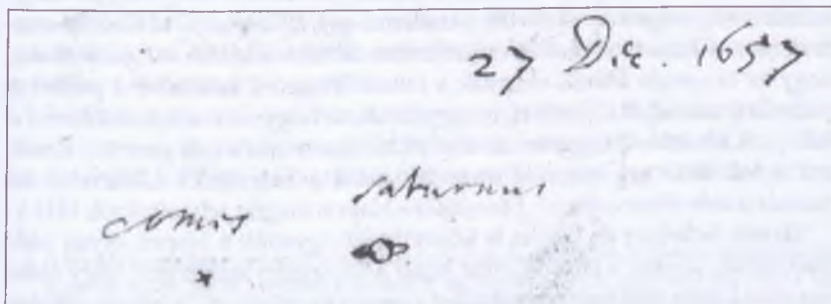


amíg művemet nem közlöm. ... a Szaturnusz csillaga nem magányos csillag, hanem háromból áll, amelyek mindegyike majdnem érinti egymást, sohasem változnak, vagy mozognak egymáshoz viszonyítva, a Zodiákus mentén sorakoznak, a középső háromszor akkora, mint a két szélső..." [24].

Ismerősei számára kódolt formában küldött hírt, amelynek megfejtése ez volt „A legfelső bolygót háromszorosnak láttam”. Két évvel később azonban a látvány eltűnt. 1616-ban, jobb távcsővel, ismét észlelte a bolygó különös alakját, és ekkor nem különálló kísérők, hanem kétfelől kinyúló, ellipszis alakú „fülek” látszottak a bolygó két oldalán. Tíz év múlva a függelékek újból láthatatlanná váltak. A „Szaturnusz füleit” ekkoriban már többen is észlelték, de mibenlétét nem ismerték fel.

Christiaan Huygens érdeme, hogy 1655-ben a bolygó körüli gyűrű lehetőségére gondolt, és 1659-ben, a *Systema Saturnium* c. tanulmányában közölte a megfigyelhető változások okát is. A Szaturnusz lapos gyűrűje 27 fokban szögben hajlik az ekliptikához. A bolygó 29,5 éves keringése során két ízben ekkora szöggel látunk rá a gyűrűre, ami ekkor jól észlelhető, míg kétszer az élével fordul felénk, és ezért nem látható. 1612-ben a látóirány éppen a gyűrű síkjába esett, ezért tűnt el a gyűrű Galilei szeme elől. Huygens észlelte és ismerte fel először (1655-ben) a Szaturnusz legfényesebb holdját, a Titant is [25] (10. ábra).

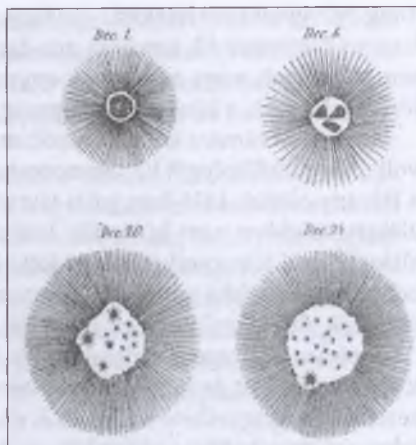
Szerencsés véletlen, hogy a távcső alkalmazásának kezdetén, 1618-ban három fényesebb üstökös mutatkozott: az 1618 Q1 Kepler, az 1618 V1 Cysatus és az 1618 W1 üstökösök, amelyek Galileit egy nagyon szellemes, filozófiai-lag értékes, ám csillagászati szempontból téves pamfletre készítették (Il Saggiatore, azaz Az aranymérleg). Az 1618 Q1 üstököst a palermói Giovanni Battista Hodierna (1597–1660) és Kepler már távcsövön át észlelte. Kepler szeptember 8-i feljegyzése szerint „olyannak tűnik, mint egy kis felhőcske,



10. ábra Christian Huygens egyik 1655-ben kelt levelének rajza a Szaturnusz akkor felismert gyűrűjéről és a legfényesebb hold felfedezéséről.

nagyon rövid hajzattal". Igen érdekes, bár sokáig kevés figyelemre méltatott a svájci jezsuita *Johann Baptist Cysat* (lat. Cysatus, 1587–1657) megfigyelése az év második üstökösének széthullásáról (11. ábra). Cysatus éles szemű észlelő volt, és jó minőségű távcsöveket készített. Scheinerrel együtt fedezte fel a Nap foltjait, elsőként figyelte meg Merkúr-átvonulást (1631), és elsőként az Orion-ködöt [26].

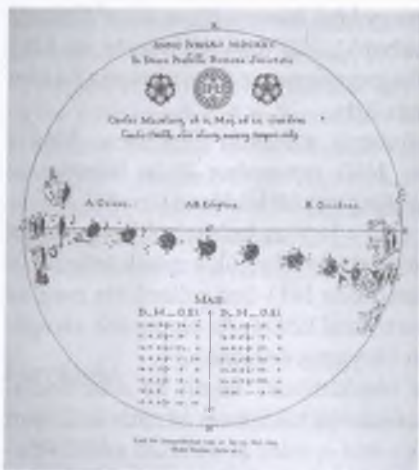
A legnagyobb, széles körben feltűnést keltő vitát a *Nap foltjainak* – már a Csillaghírnök megjelenése utáni – felfedezése kavarta. 1612 tavaszán Galilei és Christoph Schei-



11. ábra Cysatus rajza az 1618. évi üstökös magjának széteséséről.

ner közötti kinyomtatott levélváltás lényegében egyrészt az elsőbbség kérdéséről, másrészt a Nap sötét foltjainak értelmezéséről zajlott. Az elsőbbségi kérdés ma már azért érdektelen, mert mindkettőjüket megelőzte a németalföldi (fríz) *Johannes Fabricius* (1587–1616), aki már 1610 decemberében megfigyelte a napfoltokat és a Nap tengelyforgását is! Az 1611. március 13-án megjelent beszámolójából világosan kitűnik a korabeli napészlelési módszer nehézsége. A napkorongnak előbb csak egy kis ívét állította a látómezőbe, majd amikor szeme megszokta a vakító fényt, fokozatosan egyre nagyobb részét hozta a látómezőbe [26]. „Távcsöveimet a Napra irányoztam, amely a peremén általában egyenetlennek és füstös színűnek tűnt előttem. [Vagyis észrevette a peremsötétedés jelenségét. B. L.] Ami pedig jól megfigyelve figyelemre méltó volt, váratlanul egy, a Nap testével összehasonlítva nem is kicsiny sötét folt mutatkozott előttem. Először azt gondoltam, hogy az átvonuló felhők okozzák a foltot. Tízszer is ismételve a próbát a batáviai [holland. B.L.] csövel, meggyőződtem hogy nem a felhőktől ered a folt. ... A következő reggelen az első pillantásom újra a foltra esett... Emellett a folt látszólag némileg megváltoztatta a helyzetét”. („Narratio de maculis sole observatis...”, Elbeszélés a Napon megfigyelt foltokról, 1611.)

Eleinte Scheiner és Galilei is közvetlenül figyelték a Napot, olyan időszakokban, amikor a látóhatárhoz közel a vastagabb légrétegek, vagy máskor a köd, pára csökkentette némileg a sugárzás erősségét. Scheiner, állítása szerint 1611. március 6-án pillantott meg napfoltot, tanítványa Cysatus társágában, amikor a horizonthoz közel a fényt ködfátyol csökkentette.



12. ábra Scheiner rajza egy nagy napfoltcsoport áthaladásáról a napkorongon (a Rosa Ursinából)

sel, rendkívül gondos vizsgálatokat végzett, és 1626–1630 közt kiadott, 70 rézmetszetű táblával illusztrált műve, a *Rosa Ursina sive Sol* (A medvék rózsája, avagy a Nap) hosszú ideig a napkutató legalaposabb munkája volt (12. ábra). Ebben leírta a Nap forgását, a napfoltok kialakulásának övezeteit, sőt a napfáklyákat is.

A Naprendszeren túli *csillagvilágról*, a távcső feltalálását követő három évtizedből aránylag szerényebb, szórványosabb megfigyelések történtek. Ez a tény részben az első távcsövek kis átmérőjével (fényszegénységével), a kép rossz kontrasztjával és a nagyon szűk látómezejükkel magyarázható. Másrészt a XVII. században központi jelentősége volt a földközponitű, geo-heliocentrikus és napközponitű modellek burkolt vagy nyílt összeaspásának. A mai értelemben vett stellárasztrónómia adatai ezért lassabban és gyakran véletlenszerűen gyűltek.

Érdekes módon Galilei, bár tüzetesen megvizsgálta az Orion csillagkép részleteit, nem figyelt fel az egyébként pusztán szemmel is látható *Nagy Orion-ködre* (M42–43). (A csillagok leírásában említ ugyan egy „ködösséget” az

A rendszeres megfigyeléshez azonban csak októberben kezdett [15]. Az itáliai tudós azt állította, hogy már 1610-ben látta a foltokat, ténylegesen 1612 előtt egyetlen feljegyzése sincsen a Napról<sup>6</sup>. Elsőként bizonyította azonban, hogy a foltok a Napon kialakuló jelenségek, és figyelemmel kísérte változásait [26].

Megjegyzendő, hogy 1610-ben Harriot is észlelte a napfoltokat, majd utóbb folyamatosan figyelte a napkorongot. Ezeket az észleléseit sem tette közzé, bár hosszú és érdekes észlelési sorozatot állított össze. Christoph Scheiner Ingolstadtban, majd Rómában, főleg már kivetítés-

<sup>6</sup> A kérdés megoldása véleményem szerint az lehet, hogy Galilei 1610-ben, fénycsökkenő szűrő nélkül nézve láthatott sötét foltot, de káprázó szeme csalódásának vélte a látványt. Scheiner bejelentésekor azonban megbizonyosodott arról, hogy valódi sötét foltot láthatott a napkorongon! Ezt a lehetőséget elfogadva, kettőjük közt az elsőbbség továbbra is a jelenség realitását felismerő Scheineré.



Orion fejében, amely azonban nem a Nagy köd, hanem a  $\lambda$ ,  $\phi$ ,  $\psi^1$ ,  $\psi^2$  Orionis csillagok összefolyó fényével azonosítható.) 1617-ben felfedezte az Orion-köd belsejében levő többszörös csillagrendszer, az Orion-trapéz három tagját, de magát a ködösséget ekkor sem látta.

Több szerencsével járt egykori tanítványa, a francia de Peiresc. Még a Csillaghírnök megjelenésének évében, 1610. november 26-án feljegyezte naplójába „Az Orion közepében... két csillag együtt ködösen fénylik”. Felfedezését azonban csak később közölte egy, a Jupiter holdjairól írott munka függelékeként. Ezért tőle függetlenül joggal tekinthetjük a másik felfedezőnek a svájci francia Cysatot, aki Ingolstadtban 1611-ben pillantotta meg az Orion-ködot. Felfedezését ő sem tette azonnal közzé. Az alaposabb vizsgálat, négy évtizeddel később, Christiaan Huygens érdeme [27].

A pusztá szemmel látható „ködös objektumok” közül az *Andromeda-galaxis* (M 31) volt a másik, amelynek észleléséről Simon Marius 1612-ben hírt adott. A ködös folt olyannak tűnik – írta –, mint az áttetsző szarulemen át a gyertya lángja [28]. Marius leírása a Jupiter-rendszerről szóló művének függelékeként jelent meg, és talán ezért sem keltett a maga korában nagyobb feltűnést [Mundus Jovialis... 1614]. A méltatlanul elfeledett szicíliai Hodierna – Galilei tisztelője és követője – 1626 táján újra felfedezte. [28].

Hodiernát joggal tekinthetjük a „ködös objektumok” első rendszeres kutatójának! Az 1620-as évek végétől, hússzoros nagyítású távcsövével rendszeresen átkutatta az eget, és részben a korábbi (vizuális) adatok, részben saját vizsgálatai alapján 40 ködös objektumot (nyílthalmazt, gáz- és porködot, sűrűbb csillagcsoportot) foglalt jegyzékbe. Ezek közül 20 ma is a ködök, halmazok, extragalaxisok listáján szerepel. (Pl. az M6, M36, M37, M38, M41 nyílthalmazok, az M8 vagy Lagúna-köd). Kilenc objektum bizonyosan az ő felfedezése. Hozzákezdett egy nagy, 100 lapra tervezett csillagatlasz szerkesztéséhez is, de azt sohasem fejezhette be.

Kezdetben teljesen véletlenszerű volt a csillagpárok – kettős- és többszörös csillagok – felfedezése. Ezeket ugyanis nem tekintették összetartozó égitesteknek, hanem véletlenül egy irányban látszó csillagoknak. Az első leírt kettőscsillag, a Nagy Medve Mizarja volt ( $\zeta$  Ursae Maioris), amelynek felfedezését a szakirodalom általában a Galilei kora utáni nemzedék neves csillagászának Giovanni Battista Ricciolinak (1598–1671) nevéhez fűzi. Csak 1949-ben bukkant fel Galilei és Benedetto Castelli levelezésében egy adat, amelyből kiderül, hogy a csillagpárt már 1616-ban ismerték. Castelli november 16-án értesítette mesterét arról, hogy a fényes csillag mellett egy 8 magnitúdós kísérőt észlelt. Galilei válaszában elismerőleg ír: „Ez egyike a legszebb felismeréseknek az égen...”. A biztatásnak azonban nem lett foly-



tatása, a kettőscsillagok rendszeres felkutatására csak másfél évszázad múltán került sor (Christian Mayer, 1771-től).

Az 1640-es évektől azután már egy új nemzedék, új szemléletmóddal – és egyre jobb minőségű műszerekkel folytatta a kutatásokat. Cassini, Hooke, Huygens, Maraldi és társaik már egyre céltudatosabb munkatervvel és egyre több eredménnyel végezték a távcsöves vizsgálatokat. Ezek alapját azonban az a néhány lelkes és kétkedő, merész vagy bizonytalankodó ember – tudósok és amatőrök teremtették meg, akik először fordították kezdetleges műszereiket a csillagok felé.

### Források:

- [1] Doebl, G.: Leonardo und die Astronomie. – Sterne und Weltraum, 21. Jg. 2. h., p. 72, 1982
- [2] Bartha L.: Ki készítette az első távcsövet? – Meteor, 23. évf. 3. sz. 1993.
- [3] Ronan, C.: There was an Elisabethan Telescope. – Bulletin of the British Instrument Society, No. 37. 1993.
- [4] Whitaker, A. E.: The Digges-Bourne telescope – an alternative possibility; Journal of the British Astronomical Association. Vol. 103, No. 6, p. 310, 1993.
- [5] Turner, G. L' E.: There was no Elisabethan telescope. J. British Instr. Soc. 37, 1993.
- [6] Heller Á.: A fizika története a XIX. században. I. Budapest, 1891, a/ 119–121.
- [7] Rieker, R.: Fernrohre und ihre Meister. II. Stark bearbeitete Auflage. Verlag Technik, Berlin, 1990.
- [8] Thanoffer L.: A nagyítóról és a mikroszkópokról. „TTT Népszerű előadások gyűjteménye”, V. köt. 34. füz. 3–8. p.
- [9] King, H. C.: The History of the Telescopes. Toronto, 1955. (Utánnymás: Dover Publ. Inc. 1979.)
- [10] Learner, R.: Die Geschichte der Astronomie, und die Entwicklung des Teleskops seit Galilei. München, é.n. [1991].
- [11] Van Helden, A.: The Invention of the Telescope. Trans. A. Philos. Soc., Vol. 67. Part 4, p. 67, 1977.
- [12] Geymonat, L.: Galileo Galilei. III. fejezet. Gondolat, Budapest, 1961.
- [13] A „Paralipomenáról” magyarul I. Hollenda B.: Kepler. In Kiváló matematikusok és fizikusok, szerk. Nagy J., Faragó A. és Nagy J. Kiadása, Budapest, 1927. p. 55–58. – A „Dioptricé”-ről Czöglér A.: A fizika története életrajzokban I., M. Kir. Term.tud. Társulat, Budapest, 1882. 160–163. pp.
- [14] Lohne, J. A.: Thomas Harriot. In: Dictionary of Scientific Biography, Scribner & Sons, New York, 1970(1980), Vol. VI., 124–129.
- [15] Daxecker, F.: Das Hauptwerk des Astronomen P. Christoph Scheiner SJ. „Rosa Ursina sive Sol” – ein Zusammenfassung, Berichte der Naturwissenschaftlich-Medizinische Vereinigung Innsbruck, Suppl. 13. Innsbruck 1996.
- [16] Galilei, Galileo: Sidereus Nuncius... Primo di Martii, 1610. Újra nyomtatva 2007.
- [17] Ahnert, P.: Geschichte der Selenographie. In: Kalender für Sternfreunde 1984. Leipzig, 1983. pp. 133–146.

- [18] Kopal, Z.-Carder, R. W.: Mapping of the Moon. Past and Present. Chapter 1. Dordrecht, 1974.
- [19] Pursell Jr. C. W.: Astronomy in America. Chicago, Rand Mc Nally, 1967.
- [20] Ashbrook, J.: Christopher Scheiner's Observations of an Object near Jupiter. – Sky and Telescope Vol. 42. No. 6. Dec. 1971.
- [21] Gingerich, O.: Galileo and the Phases of Venus. In: The Great Copernicus Chase Cambridge, Mass. USA, 1992.
- [22] Sandner, W.: Die Welt des Merkur, Basel, 1959. 14. p.
- [23] Wattenberg, D.: Mars der rote Planet. Pp. 50, 55, 60. Leipzig/Jena, 1956.
- [24] Van Helden, A.: Saturn and his Anses. – Journal for the History of Astronomy, Vol. 5, 105, 1974.
- [25] Wodetzky J.: Üstökösök, Budapest, 1910, pp. 24–27., valamint Mucke, H.: Helle Kometen von –86 bis 1950, Astronomisches Büro, Wien, 1976, pp. 45–46.
- [26] Waldmeier, M.: Sonne und Erde, Büchergilde Gutenberg, Zürich, 1959.
- [27] Kenneth, G. L.: The Search for the Nebulae. Alpha Academic, US, 1975.
- [28] Serio, G. F. et al.: Hodierna's Observations of Nebulae... Journal for the History of Astronomy, Vol. 16. 1985. pp. 1–36.

## Galileo Galilei Sidereus Nuncius

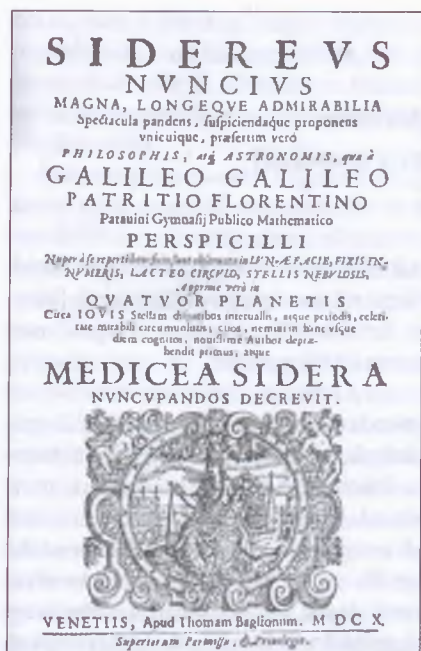
II. Cosimo Medici  
őfenségének,  
Toszkána III. nagyfejedelmének

Nagyszerű, és valóban nagy műveltségre vall azok szokása, akik vállalkoztak arra, hogy kiváló jellemű férfiak nagyszerű tetteit az irigységtől megvédjék, és halhatatlanságra méltó nevüket a feledéssel és a pusztulással szemben biztosítsák. Innen származnak az utókor emlékezetére hagyományozott, akár márványból faragott, akár ércből való képmások, innen a felállított gyalogos vagy lovas szobrok; innen azok a – mint mondani szokták – eget verő költségek, amivel az emlékoszlopokat és a piramisokat állították; végre innen az a szokás is, hogy az újonnan épített városokat azokról nevezték el, akiről a hálás utókor úgy döntött, hogy nevüket az örökkévalóságnak átadja. Olyan ugyanis az emberi elme természete, hogy a külső dolgok képei emlékezetünkben könnyen teljesen elillannak, hacsak, mintegy benyomulni akarván, nem ostromolják azt folyton kívülről.

Mások azonban, akik biztosabb és tartósabb dolgokra tekintettek, a legnagyobb férfiak örök emlékezetét nem kősziklával vagy fémekkel, hanem a Múzsák őrizete útján, a könyvek romolhatatlan emlékműveivel tették halhatatlanná. De hát miért is emlegetem én mindezeket? Mintha bizony az emberi találatekesség, beérve a maga hatókörével, nem merészelne azon túllépni; pedig, távolabbra tekintve, s megértvén jól, hogy minden emberi emlékművet elpusztít az idő, a korszakok múlása – romolhatatlanabb jeleket gondolt ki, amelyeken a falánk idő és az irigy századok nem vehetnek erőt. Így hát az égre lépett át, s a legfényesebb csillagokra, örök pályáikkal együtt, azok nevét ruházta, akik erre fényes és szinte isteni tetteikkel méltóvá lettek, akik a csillagokkal együtt részesednek az öröklétekből. Ez okból Jupiter, Mars, Merkúr, Herkules és más hősök híre, akiről csillagot neveztek el, nem fog előbb elenyészni, mint mikor maguknak a csillagoknak a ragyogása kialszik. Az emberi éleselméjűségnek ez a találmánya azonban, bár eleinte nemes és csodáltnivaló volt, sok évszázad elmúltával mégis idejét múlta, mi-

dőn a régi hősök azokat a fényességes helyeket mintegy saját joguknál fogva elfoglalták. Hiábavaló volt Augustus kegyessége, hogy Julius Caesart ezek közé próbálja emelni; ugyanis mikor az ő idejében feltűnt csillagot, amelyet a görögök „kométának”, mi pedig „crinitas”-nak nevezünk, Julius Csillagának akarta hirdetni, az hamarosan eltűnván, nagy becsvágyának reménysége megcsalatkozott. Ám mi, fenséges Fejedelem, a te nagyságodnak sokkal igazabbat és boldogabbat jövendölhetünk; a Földön még alig kezdett ragyogni halhatatlan lelked dicsősége, amidőn az égen fényes csillagok jelentek meg, amelyek, mint valami rendkívüli nyelvek, kiválóságodat minden időben hirdetni és magasztalni fogják. Íme tehát négy csillag, a te hős nevednek fenntartva, méghozzá nem is a „közkatonák”, vagyis a kevésbé jeles állócsillagok közül, hanem a bolygók kiváló rendjéből valók. Ezek ugyanis egymás közt különböző mozgással a Jupiter, a többi közül legnemesebb bolygó körül, mint annak édes gyermekei, futásukat s pályájukat csodálatra méltó gyorsasággal végzik, miközben közös egyetértésben a világ centruma, azaz hát a Nap körül, mind hasonlóképpen 12 év alatt nagy pályájukon is végighaladnak. Hogy pedig mindenki más előtt a te Fenséged hírének s nevének szánjam ezeket az új bolygókat, úgy látszik, maga a csillagok Alkotója buzdít engem világos jelekkel. Hiszen éppúgy, amint e csillagok, mint Jupiter méltó gyermekei, sosem távoznak oldalától, csak egészen csekély távolságra; így ki ne ismerné kegyességedet, lelked szelídségét, jellemed kedvességét, királyi véred ragyogását, tetteidben a nagylelkűséget, mások előtti tekintélyed és hatalmad nagyságát, amelyek mind fenségedben gyökereznek – mondom, ki ne tudná, hogy mindez a jóságos Jupiter csillagból, Isten után minden jó forrásából sugárzik ki? Jupiter, mondom, Jupiter, Fenséged első feltűnése óta, a horizont zavaros páráiból immár kiemelkedve, az égbolt közepét foglalta el, saját királyi ascendensét megvilágítva, s legszerencsésebb születésedet ama magasságos trónról szemlélte, s minden ragyogását és nagyságát kiárasztotta a tiszta légbe, hogy mindezt az erőt és hatalmat gyenge kis tested az Úr által máris a legnemesebb ékességekkel ellátott lélekkel együtt az első lélegzetvétellel fogadja be. Valóban, minek keresnék hihető érveket, amikor szinte szükségszerűen következik, amit kimutatni s bizonyítani akarok? Istennek úgy tetszett, hogy legfenségesebb szüleid ne találjanak méltatlannak engem, hogy a matematikai tudományok Fenségednek való átadásában buzgólkodjam, amit el is végeztem a legutóbbi négy esztendőben, abban a korban, amikor a nehezebb tanulmányoktól már nyugalomba szoktak vonulni. Ennélfogva, mivel nekem isteni végzésből teljesen megadatott, hogy Fenségedet szolgáljam, sőt a te oly hihetetlen kegyességed és jóságod sugarait a lehető legközelebről fogadjam, egyáltalán nem csoda, ha lelkem úgy fellángolt, s





szinte éjjel-nappal mind csak azon gondolkodtam, hogy én, aki nemcsak lélekben, de már eredetem s születésem által is a te uralmad alatt vagyok, hogyan ismertessem meg veled magamat, mint dicsőségért iránt sóvárgót s számodra legkedvesebbet? Mivel pedig mindez így van, amikor a te oltalmad alatt, Legfenségesebb Cosimo, felfedeztem azt a négy, még a legnagyobb csillagászok számára is ismeretlen csillagot, teljes joggal elhatároztam: azokat a te Felséges Császárodra nevezem el. Hiszen ha egyszer azokat elsőként találtam meg, akkor ugyan ki kifogásolhatná, ha nevet is adok nekik, és Medici-csillagoknak nevezem őket, reménykedve, hogy e csillagoknak ebből az elnevezéséből legalább annyi tekintély származik majd, amennyi a többi hősök szá-

mára származott. Hiszen, hogy ne szóljak most fenséges őseidről, akiknek örök dicsőségét a történelem minden emléke bizonyítja, te legnagyobb hős, egyedül a te kiválóságod részesülhet a név halhatatlanságában. Ki kételkedhetne, hogy a reménységet, amit uralmad szerencsés előjeleivel keltettél, bármennyire hatalmas is, nemcsak vállalod és beteljesíted, hanem messze felülmúlod majd, s hogy mikor majd legyőzted a hozzád hasonlóakat, önmagaddal is megküzdesz, s hogy önmagadat és nagyságodat napról napra jobban felülmúlod.

Fogadd hát, fenséges herceg, ezt a csillagok által neked megőrzött családi dicsőséget, s azokkal a jó előjelekkel, amelyeket nem annyira a csillagok, mint a csillagokat teremtő és igazgató Isten ruház reád, élvezd azt minél tovább.

Padovában, 1610. március 12-én,

magasságodnak legragaszkodóbb szolgája, Galileo Galilei

## **Csillaghírnök (Astronomicus nuncius)**

amely újonnan, az új távcső jóvoltából szerzett megfigyeléseket tartalmaz és ismertet a Hold arculatáról, a Tejútrol és a ködös csillagokról, [valamint] számtalan állócsillagról, nem kevésbé a „Medici-csillagok”-nak nevezett négy planétáról, melyeket sosem láttak azelőtt

Ebben a kis értekezésben nagy és minden egyes természetvizsgáló számára megnézendő s megfigyelendő dolgokat mondom el. Nagyokat, mondom, mind maguknak a dolgoknak a fontossága miatt, mind azért, mert ilyen újdonságokat még sose hallhattunk, mind pedig az eszköz miatt, amelynek jóvoltából az említett dolgok érzékeinknek szinte elébe mentek.

Hiszen valóban nagy dolog, hogy az állócsillagok sokaságához, amelyeket természetes lehetőségeink által a mai napig megláthattunk, még megszámlálhatatlanul sokat adtunk hozzá, és tártunk szemünk elé, olyanokat, amelyeket eddig senki sem látott, és amelyeknek száma az eddig feljegyzeteket több mint tízszeresen felülmúlja.

Igen szép és élvezetes a Holdat, amely nagyjából hatvan földsugárnyira mozog tőlünk, oly közelről szemlélni, mintha csak két földsugárnyira lenne; miáltal a Hold átmérője mintegy harmincszor, felülete kilencszázszor, szilárd térfogata mintegy huszonhétezerszer nagyobbak tűnik fel, mint szabad szemmel nézve. Ebből bárki biztosan megítélheti, ha van egy kis esze, hogy a Hold felszíne bizony nem lapos és mintegy kisimított, hanem érdes és egyenetlen; és mint maga a Föld felszíne is, jelentékeny magaslatokkal, mely gödrökkel és törésekkel zsúfolva van mindenfelé.

A Galaxisról, vagyis a Tejútrol vitákba szállni, s annak természetét érzékeink, még inkább értelmünk számára nyilvánvalóvá tenni rövid időn belül alig látszik kifürkészhetőnek; hát még azon csillagok lényegéről, amelyeket egyes csillagászok „ködösnek” mondanak, kimutatni, hogy az teljesen más, mint eddig hitték – igen szép és élvezetes lesz.

És ami minden csodálkozáson messze túltesz, és ami elsősorban arra bír minket, hogy minden csillagász és filozófus figyelmét felhívjuk az az, hogy négy bolygócsillagot fedeztünk föl, melyeket előttünk senki sem ismert vagy észlelt; amelyeknek az ismert csillagok közül az egyik nevezetes csillag

körül, mint a Merkúr, vagy a Vénusz a Nap körül, megvan a saját keringési periódusuk, s azt hol megelőzik, hol követik, de bizonyos határon túl sosem távolodnak tőle el. Mindezt az általam kigondolt távcső segítségével, előzetes isteni megvilágosodásunknak hála, néhány nappal ezelőtt felfedeztük s megfigyeltük.

Más még fontosabb dolgokat a napokban én vagy mások fel fognak fedezni még; hasonló eszközök jóvoltából, amelynek alakját és elkészítését, nemkülönben kitalálásának alkalmát fogom először felidézni, ezután az általam végzett észlelések történetét ismertetem.

Mintegy tíz hónappal ezelőtt az a hír jutott a fülembe, hogy valami flámand készített egy távcsövet, amelynek segítségével a látható tárgyak, legyenek bár a megfigyelő szemétől nagy távolságban, olyan jól megkülönböztethetők, mintha a közvetlen közelben volnának; ehhez a kétségtelenül csodálnivaló hatáshoz még különböző tapasztalatok is tartoztak, amelyeknek egyesek hitelt adtak, mások nem. Pár nappal később a nemes francia, Jacob Badovere Párizsból levélben megerősítette mindezt; ez arra készítetett, hogy teljes figyelmemet a magyarázat kifürkészésére, nemkülönben a mód kigondolására fordítsam, hogyan találhatnék fel egy hasonló eszközt; ehhez kevéssel később, a fénytörés elméletére támaszkodva, el is jutottam. Egy ólomcsövet készítettem tehát először, melynek végeire két üveglencsét alkalmaztam, melyeknek egyik fele sík volt, egyiküknek a másik oldala azonban konvex, a másiké homorú gömbfelület. Szememet ezután a homorúhoz téve a dolgokat eléggé nagynak és közelinek találtam, ugyanis háromszor közelebbinek, kilencszer nagyobbak tűntek föl, mint mikor csak természetes látással néztem. Ezután egy másikat, jobbat készítettem magamnak, amely a tárgyakat több mint hatvanszor nagyobbak mutatta. Végre, semmi munkát és költséget nem kímélve, odáig jutottam, hogy sikerült annyira kitűnő műszert konstruálnom, amellyel a dolgok mintegy ézerszer látszottak nagyobbak, azaz harmincszor közelebbinek, mint természetes képességünkkel. Hogy ezek a műszerek milyen sok helyen hasznosak lehetnek, akár a földön, akár a tengeren, azt teljesen fölösleges lenne sorolnom. De hagyva a földi dolgokat, az égi vizsgálatokra adtam magamat; elsőként a Holdat vizsgáltam meg olyan közelről, mintha két földátmérőnyire lenne. Ezután az állócsillagokat és a bolygókat vizsgáltam meg gyakran és kimondhatatlan lelki gyönyörűséggel; s mikor ezeknek igen nagy sokaságát láttam, gondolkodni kezdtem, mi módon határozhatnám meg a távolságukat, s végre rájöttem. Bizonyos dologra illik előre figyelmeztetnem azokat, akik hasonló megfigyeléseket akarnak kezdeni. Először is szükséges, hogy maguknak igen pontos távcsövet készítsenek, amely a tárgyakat világosan, határozottan és minden homálytól mentesen mutatja; amely



ugyanakkor legalább négyszázszorosan nagyít; ezáltal hússzorosan hozza közelebb a dolgokat. Ha a műszer nem ilyen, hiába is próbálják észlelni mindazt, amit mi észleltünk az égen, és amit alább felsorolunk. Hogy pedig a műszer nagyítását bárki kis fáradsággal pontosan megadja, készítsen papírból két kör vagy négyszög alakú lapot, egyikük legyen négyszázszor akkora, mint a másik, vagy ami ugyanaz, a nagyobbiknak az átmérője a kisebbiknek hússzorosa legyen. Ezután mindkét lapot egy falra rögzítve egyszerre nézze távolról, a kisebbet az egyik szemével a távcsővel, a másikat pedig másik, szabad szemével. Ezt könnyen meg lehet tenni, akár egy-ugyanazon időben is, ha mindkét szemünket használjuk. Ekkor mindkét alakzat ugyanakkorának fog látszani, ha a műszer a tárgyat a kívánt mértékben nagyítja. Hasonlóképpen előkészített távcsővel a mérendő távolság is megállapítható a következő módszerrel.



Legyen a könnyebb érthetőség kedvéért a cső ABCD. Legyen az észlelő szeme E. Ha nincs lencse a csőben, akkor az FG tárgyhöz az ECF, EDG sugarak húzhatók; de ha a lencsék is ott vannak, akkor a megtört ECH, EDI sugarakat kell meghúznunk. Összeszorulnak ugyanis, és amelyek előbb szabadon az FG tárgyhöz irányultak, most már csak a HI-hoz fognak tartozni. Keresd ki ezután az EH és a HI szakasz arányát a szinusz-táblából, és megkapod a HI tárgy látószögét a szemed helyén, amit néhány szögpercre fogsz találni. Ha a CD lencsét hol kisebb, hol meg nagyobb lyukkal ellátott fémlappal szereljük fel, s hol ilyet teszünk föl, hol olyat, amilyenre épp szükség van, akkor más és más, több vagy kevesebb másodpercnyi szögekhez igazítva tetszésünk szerint választjuk meg azt, és segítségükkel az olyan csillagok szögtávolságát, melyek egymástól csak néhány szögpercre vannak, mintegy egy vagy két perc hibával meg tudjuk mérni. Most azonban legyen elég ezt csak felületesen érintenünk; más alkalommal a műszer elméletét alaposan megtárgyaljuk majd. Most az általunk a legutóbbi két hónapban elvégzett megfigyeléseket foglaljuk össze, jó alkalmat szolgáltatva ezzel az elmélkedésre a filozófia minden igaz kedvelője számára.

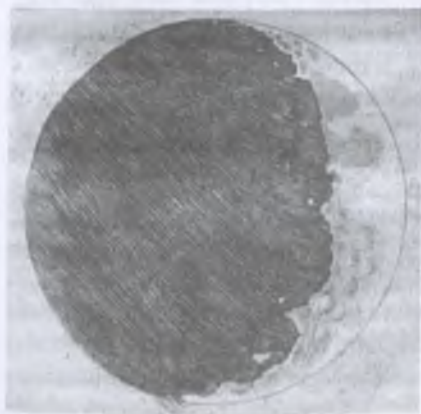
A Hold felénk forduló ábrázatáról szólunk első helyen. Ezt, a könnyebb érthetőség kedvéért, két részre osztom, az első tudniillik a világosabb, a másik a homályosabb. Úgy tűnik, hogy a világosabb az egész félgömböt átjárja



és előnti, viszont a homályosabb, mint valamiféle felhő, fertőzi s foltossá teszi azt az arcot. Ezek a foltok, melyek elég nagyok és kissé homályosak, mindenfelé láthatók velünk szemben, ezeket bármely korosztály megpillanthatja; ezért nagyoknak vagy jelentőseknek fogjuk nevezni, megkülönböztetésül más, méretre nézve kisebb foltoktól, melyek azonban annyira sokan vannak, hogy a Hold egész felületét, különösen a fényesebb részein, beborítják. Ezeket viszont előttünk még senki sem figyelte meg. Gyakran ismételt megtekintésükből azt a következtetést vontuk le, hogy biztosra vehetjük: a Hold felülete nem kisimított, változatlan és pontosan gömb alakú, ahogy a filozófusok nagy serege vélekedik róla és a többi égitestről, hanem ellenkezőleg: egyenlőtlen, érdes, mélyedésekkel és kiemelkedésekkel teli, éppen úgy, mint magának a Földnek az arculata, mely hegységekre és völgyek mélységeire oszlik itt is, ott is. Vagyis megjelenésük, amelyből minderre következtetni lehet, hasonló.

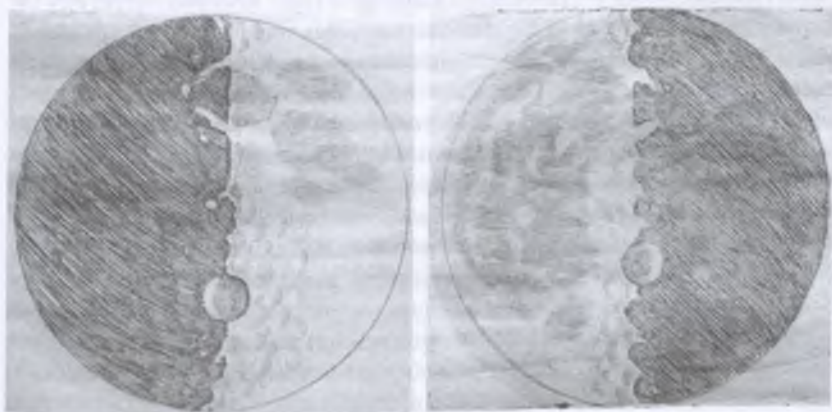
Az újhold utáni negyedik vagy ötödik napon, amikor a Hold fényes szarvat mutat magából nekünk, a fényes és a sötét részt elválasztó határ már nem látszik egyenletes ovális vonalnak, amilyen egy szilárd, pontosan gömb alakú test esetén lenne; hanem egyenetlen, érdes és nagyon kanyargós vonal ábrázolja, amint a mellékelt ábra mutatja. Mintha ugyanis sok fényes kiemelkedés esne a fény és árnyék határvonalán túl az árnyékos részre, és viszont kis sötét részek nyúlnak bele a fénybe. Sőt a Hold már fénnel elárasztott területének szinte egésze mindenfelé teli van szórva kicsiny, az árnyékos résztől teljesen elválasztva feketéllő foltok nagy sokaságával is, legalábbis azt a részt kivéve, ahol nagy és jelentős foltok terülnek el. De följegyeztük, hogy az előbb említett kis foltok abban mindig és minde-

szintén viszont fényes határvonallal, mintegy ragyogó hegyláncsal vannak koszorúzva. De ehhez nagyon hasonló látványban van részünk itt a Földön napkelte körül, amikor a völgyeket még nem öntötte el a fény, de a hegyeket, melyek keretezik őket, a Nappal ellentétes oldalon már-már ragyogóan fényleni látjuk: ahogy a földi mélyedések árnyai, a Nap emelkedését követve, megkisebbednek, ugyanígy a holdi foltok is, a fényes rész növekedtével elvesztik sötétségüket.



Azonban nemcsak a sötétség és világosság határa bizonyul egyenetlennek és girbegurbának a Holdon, hanem ami még nagyobb csodálkozást kelt, sok fényes csúcs tűnik föl a Hold sötét részén belül, a kivilágított területtől teljesen különválva és elszakítva, és attól nem kis távolsággal elválasztva. Ezeknek fokozatosan, némi idő elteltével, megnő a mérete és a fényessége, majd két vagy három óra múlva az immár nagyobb lett fényes részekhez csatlakoznak; eközben viszont mások és mások, itt meg amott mintegy kikelvén kigyúlnak a sötét részen, megnőnek, majd végre, immár nagyobb mértékre kiterjedve, ugyanazon fényes felülethez kapcsolódnak. Nekünk az ő példájuk is ugyanazt a formát idézi fel. Hiszen nemde a Földön napkelte előtt, amikor a síkságot még árnyék önti el, a legmagasabb hegycsúcsokat megvilágítják a Nap sugarai? És nemde némi idő elteltével kiterjed a fény, s már ugyanazon hegyek középső, szélesebb részei is kivilágosodnak, s végre fölkelvén a Nap, a síkság és a hegyek megvilágított része összeér? Csakhogy úgy látszik, az efféle kiemelkedések és bemélyedések különbsége a Holdon szélkében-hosszában felülmúlja a földit, mint ezt alább meg fogjuk mutatni. Közben azonban nem akarnám hallgatással mellőzni azt az általam észlelt, figyelemre méltó dolgot, hogy amikor a Hold az első negyedhez közeledik, és aminek képét ugyanaz a fent említett rajzolat hozza magával, egy hatalmas sötét öböl hatol a világos részbe, az alsó szarvval szembe fordítva. Mikor ezt az öblöt huzamosabban megfigyeltem, teljesen homályosnak láttam, de mintegy két óra múlva, kissé a mélyedés közepe alatt, valami fényes csúcs kezdett megjelenni; ez aztán fokozatosan növekedvén háromszög alakot öltött, a fényes felülettől mindeddig teljesen elválasztva és különállón. Később körülötte három másik kis csúcs kezdett fényesedni; mígnem, mikor a Hold immár lenyugvásához közeledett, az a háromszög-forma, kiterjedve s már nagyobbra növe, amikor a többi fényes részhez csatlakozott, s már hatalmas hegylánc méretűen, eddig a már említett három fényes csúcs mellett terült el, betört a sötét öbölbe. A szarv szélein, felül éppúgy, mint alul, ragyogó, a fényes részekről különálló pontok tűntek föl, úgy látszott, mind ugyanolyan külsejű. Volt aztán rengeteg homályos folt is mindkét szarvon, de legtöbb az alsón; ezek közül nagyobbak és homályosabbnak is tűntek azok, amelyek a fény és árnyék határához közelebb vannak; a távolabbiak kevésbé sötétek, de elmosódottabbak. De mindig, amint fentebb már említettük, e foltok sötétebb része a Nap sugárzása felé tekint, a fényesebb szegély pedig a sötét foltot a Nappal szemközti, és a Hold sötét felülete felőli részen övezi. A Holdnak ez a felülete, amely foltokkal ékes, mint a páva farka a kék szemekkel, azokhoz a kis üvegedényekhez hasonlít, amelyeket még forrón a hidegbe tesznek, és ettől töredezett és hullámos felüle-

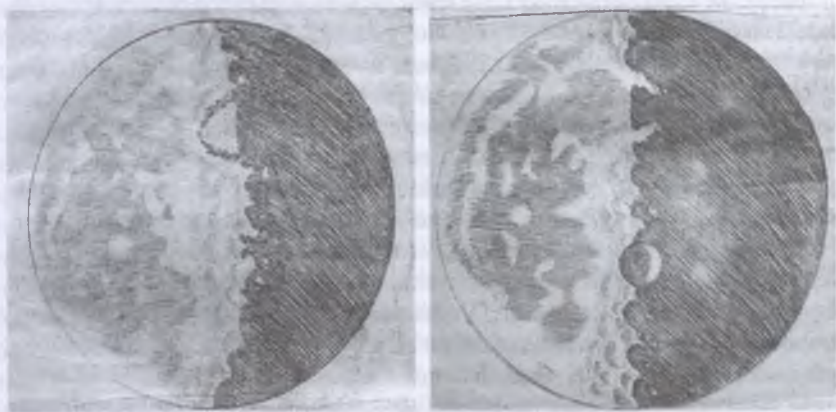
tet nyernek, ami miatt ezeket közönségesen glaciális Gyathinak nevezik. A Hold felületének azok a nagy foltjai viszont legkevésbé sem látszanak töredezettnek vagy mélyedésekkel és kiemelkedésekkel telinek, hanem nagyon egyenletesek és egyformák; ugyanis csupán néhány világosabb területecske akad rajtuk itt-ott. Ha tehát valaki a régi pythagoreusok megállapítását óhajtja fölidézni, tudniillik hogy a Hold mintegy másik Föld, melynek fényesebb része a szárazföldeket, a sötétebb pedig a vizeket igen megegyezően reprezentálja: akkor nekem csak annyiból vannak ezzel kapcsolatban fenntartásaim, hogy a távolról tekintett és a Nap sugaraitól elárasztott földgolyón a szárazföldet világosabbnak, a vizeket pedig sötétebbnek látnánk. Azonkívül a Holdon nagy, mélyebben fekvő foltok látszanak mint fényesebb területek; ezekbe pedig, mind növe, mind fogyó Holdnál, a terminátoron itt-ott e nagy foltok körül átnyúlnak a szomszédos fényes területek, amint a leírandó alakzatokban megfigyeltük: így tehát az említett foltok határai nem bemélyedések, hanem egyformák, ráncok és meredélyek nem törik át őket. A fényesebb rész legjobban a foltok közelében magasodik ki, úgyhogy, mind első, mind utolsó negyed előtt, a Hold felső, azaz északi részén elhelyezkedő egyik folt körül nagyon kiemelkednek, és így fölötté és alatta jelentős kiemelkedések mellette fekvő rajzolatokként tűnnek föl.



Ez a folt utolsó negyed előtt bizonyos feketébb határokkal látszik körülvéve lenni, amelyek mint egy igen magas hegygerinc, a Naptól elforduló részen sötétebbnek tűnnek, amelyek viszont a Nap felé néznek, azok világosabbak. Ez ellentétesen jelenik meg a mélyedéseknél, amelyeknek a Naptól elforduló része fénylőn tűnik föl, a Nap felől eső részük viszont ho-



mályos és árnyas. Ezután, midőn a világos felület kisebb lesz, és az említett foltot egészen előnti a sötétség, a fényesebb hegyhátak a sötétből feltűnően kiemelkednek. Ezt a kétféle megjelenést mutatják be a következő ábrák.



Van még egy dolog, amit nem szeretnék átadni a feledésnek, és amit csak némi csodálkozással jegyeztem föl: mintegy a Hold középső helyét egy bizonyos mélyedés foglalja el, a többinél nagyobb, mely pontosan kör alakú. Ezt mindkét kvadrátúra körül megnéztem, és a fenti második képen ábrázoltam, amennyire lehetséges, azaz hogy az árnyékból és fényességből olyan látványt nyújt, amelyet a Földön nyújtana egy Csehországhoz hasonló terület, ha magas hegyekkel és pontos kör alakú határvonallal volna mindenfelől körbezárva. A Holdon ugyanis olyan magas hegység sáncolja körül, hogy a Hold árnyékos része legszélének partvidéke a Nap fényétől elárastva látszik, mielőtt a terminátor annak az alakzatnak a középső átmérőjét érintené. A többi foltok tulajdonságairól pedig megállapíthatjuk, hogy árnyékos részük a Nap felé néz, a fényes viszont a Hold sötét fele felé; amit harmadszor is szívesen ajánlok megfigyelésre, mint a legbiztosabb érvet amellet, hogy a Hold egész fényesebb részén érdességek és egyenetlenségek vannak szétszórva. E foltok közül mindig sötétebbek azok, amelyek a terminátor szomszédságában vannak, míg a távolabb esők mind kisebbek, mind homályosabbak, kevésbé tűnnek föl. Úgyhogy végre, amidőn a Hold korongja oppozícióban teljesen megtelik, a mélyedések árnyékossága a kiemelkedések ragyogásától csak kismértékben és finoman tér el.

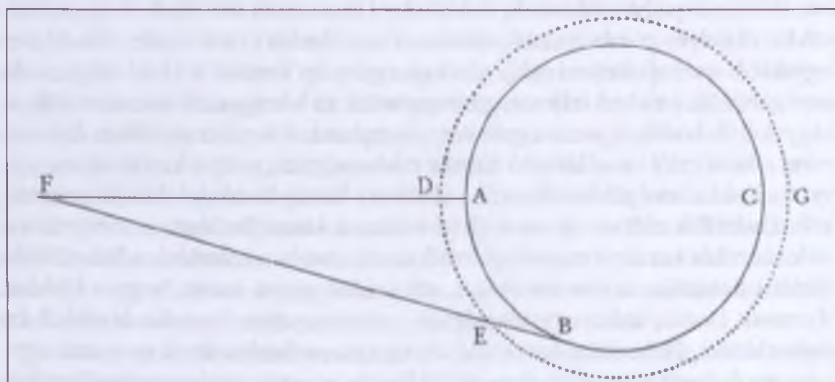
Mindazt, amit elmondtunk, a Hold világosabb régióiban figyeltük meg; igaz, az ilyen nagy foltokban nem látszik meg a völgyek és kiemelkedések



különbsége, amit szükségképpen meg tudunk állapítani a világosabb részen, az alakzatoknak a napsugarak más és másféle megvilágítása miatti változásából, ahogy sokféle helyzetből éri a Holdat. De a nagy foltokban vannak bizonyos kisebb, némileg homályosabb területek, amint a rajzokon is feltüntettük; ámde ezeknek a kinézete mindig ugyanolyan, homályosságuk nem nő és csökken, hanem csekély különbséggel hol picit halványabban, hol pedig világosabban, ahogy a napsugarak laposabban vagy meredekebben esnek be; s a foltok legközelebb eső részeihez bizonyos enyhe kötelékkel kapcsolódnak, határaik keverednek és zavarosak. Hasonló a Hold fényesebb felét elfoglaló foltok közt is előfordul; mintha ugyanis a töredezett sziklák meredek és sarkos kőszálakkal lennének telehintve, fények és árnyékok durva eltérései határolják őket. Azonkívül látszanak e nagy foltok között bizonyos kisebb területek, egyesek világosabban, sőt akárhány igen fényes, de ezeknek és a homályosabbaknak is mindig ugyanaz a kinézete, sem alakjuk, sem fényük, sem árnyékosságuk nem változik; annyira, hogy világos és kétségbevonhatatlan: mindez a részletek valódi különbségeiből származik, nem pedig e részletek alakjának különbségeiből, amelyek a Nap változó megvilágítása miatt különbözőképp mozgó árnyékot vetnek. Ez viszont jól illik más kisebb foltokra, amelyek a Hold világosabb részét foglalják el; naponta ugyanis változnak, nőnek, fogynak, eltűnnek, amennyiben ezek csak nagy árnyékoktól erednek.

Ezt, úgy érzem, sokan nagy kételyekkel illetik, és olyan nehezen fogadják el, hogy a már tisztázott és annyi jelenséggel megerősített következtetést kétségbe akarják vonni. Ha a Hold felületének az a része, amely a Nap sugarait igen ragyogóan veri vissza, számtalan töréssel, kidudorodással és mélyedéssel van teli, akkor a növekvő Hold szélső kerülete, amely nyugat felé néz, csökkenő Holdnál a másik, keleti fél kerülete, teleholdnál meg az egész kerülete miért nem egyenetlennek, érdesnek és ráncosnak látszik, hanem pontosan kereknek és gömbölyűnek, minden kiemelkedés és mélyedés nélkül? De leginkább azért [kételkednek], mert az egész ép kerület a Hold fényesebb anyagából áll, amelyet teljesen göröngyösnek és hézagosnak mondtunk; a nagy foltok közül ugyanis egyik sem ér egészen a kerület széléhez, hanem mind a kerülettől távol látható. Ennek a jelenségnek, mely a kételkedésre oly nyomós okkal szolgál, kettős okát, valamint a kétely kettős feloldását ismertetem. Tudniillik először is, ha a Hold testének kiemelkedései és mélyedései csak azon kör kerülete mentén húzódnának, amely a számunkra látható félgömböt határolja, akkor lehetséges, sőt szükségszerű lenne, hogy a Holdat olyannak lássuk, mint egy fogaskerék, mindenesetre kiemelkedésekkel és mélyedésekkel tele vonal határolná, de ha a kiemelkedéseknek nem csak egy sorozata helyezkedne el körben a Hold széle mentén, csak egyetlen kerület

mentén felrakva, hanem sok hegy láncolata völgyeikkel és töréseikkel, és nemcsak a fél gömbjén, hanem az ellentétesen is (a félgömbök határai közelében), akkor a távolból figyelő szem alig tudná megkülönböztetni a kiemelkedések és mélyedések különbségeit. Az ugyanazon körben vagy ugyanazon láncon elhelyezkedő hegyek közti távközöket ugyanis más, másik hegylánchoz tartozó kiemelkedések elfednék; különösen, ha a megfigyelő szeme az említett kiemelkedések csúcsaival egy egyenesbe esik. Így látszik a Földön is a sík területen sűrűn elhelyezkedő sok hegy láncolata, ha a megfigyelő távol van, ugyanazon magasságban. Hasonlóképpen a háborgó tengeren a hullámok legmagasabb csúcsai is ugyanarra a síkra látszanak kiterjedni, holott az egyes hullámok közt üregek és mélységek sokasága van, olyan mélyek, hogy még magas hajóknak is nemcsak a gerince, de a tatja, sőt árbocai és vitorláai is eltűnnek köztük. Mivel tehát magán a Holdon, és a kerülete mentén is rengeteg a kiemelkedés és bemélyedés, és a távolról néző szem azok csúcsaival azonos síkban van, senki sem csodálkozhat rajta, hogy az őket súroló látósugár számára azok minden törés nélkül egy vonalban jelennek meg. E megfontoláshoz még egy másikat is kapcsolhatunk: hogy a Hold teste körül bizonyára, mint a Föld körül is, valamilyen sűrűbb anyag gömbje van az éteren kívül, ami a Nap sugarait fölfogni vagy visszaverni képes, bár nincs akkora opacitása, hogy a látást (különösen, ha nincs megvilágítva) teljesen megakadályozza. A Nap sugaraitól megvilágítva ez a gömb a Hold testét egy nagyobb gömbnek mutatja, illetve ábrázolja; és meg is akadályozná, hogy a látásunk elérje a Hold tömör részét, ha sűrű része mélyebb lenne. Mélyebb, mondom, nem abszolúte, de az olyan látósugarunk számára, amely azt oldalt érinti. Ennélfogva meg is akadályozza, különösen, amikor fényesen jelenik meg, hogy látásunk elérje a Hold Napnak kitett szegélyét. Ezt jobban megértjük az alábbi ábrán,

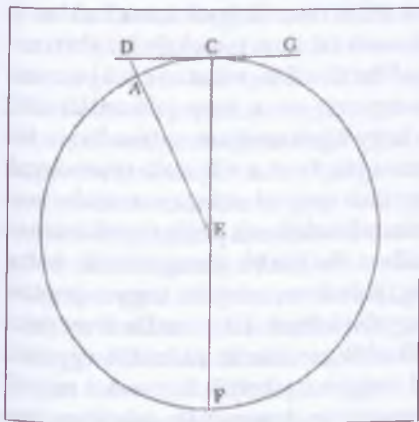


melyen a Hold ABC testét a DEG páras kör veszi körül; a szem pedig F-ből a Hold középső részeit, mint amilyen A, a nem túl mély DA párán át éri el; ellenben a szélső partját az EB mélyebb páratömeg zárja el tekintetünk elől. Ennek a jele, hogy a Hold fényes része nagyobb kerületűnek látszik, mint a kör többi, árnyékos része. Bárki megállapíthatja, hogy annak is nyilván ez az oka, hogy a Hold nagyobb foltjai sosem látszanak a legszélső, kerületi részekig terjedni, mikor pedig gyanítható, hogy néhány ott is akad; hihetőnek látszik viszont, hogy azért nem láthatók, mert a mélyebb páratömeg elrejtí őket.

Hogy tehát a Hold világosabb felülete kitüremkedésekkel és mélyedésekkel van mindenfelé teliszórva, a fentebb kifejtett jelenségek által, úgy hiszem, eléggé világos. Hátravan még, hogy ezek magasságáról szóljunk, és megmutassuk, hogy a földi egyenetlenségek sokkal kisebbek a holdiaknál; kisebbek, mondom, de abszolút értelemben, nem pedig magának az égitestnek a méreteihez képest – amit a következőképpen teszünk világosan kézzelfoghatóvá.

Amikor a Napnak a Holdhoz viszonyított más és más helyzeteiben igen gyakran megfigyeltem a Hold árnyékos részén néhány megvilágított csúcsot a terminátortól elég távol, és összevetettem ezt a távolságot a Hold teljes átmérőjével, úgy találtam, hogy ez meghaladja az átmérő huszad részét.

Ezt tekintetbe véve képzeljük el a Hold gömbjét, melynek legnagyobb köre CAF, közepe E, átmérője CF, mely utóbbi úgy aránylik a Föld átmérőjéhez, mint 2 a 7-hez. Mivel pedig a Föld átmérője a legpontosabb mérések szerint 7000 itáliai mérföldet tesz ki, a CF 2000, a CE 1000 mérföld lesz; a teljes CF huszad része pedig 100. Legyen most CF azon legnagyobb kör átmérője, amely elválasztja a Hold világos és sötét részét (a Napnak a Holdtól való maximális elongációja táján ez a kör a legnagyobbtól nem különbözik észrevehetően), és ennek huszadrésznyi távolságában legyen az A pont a C-től. Húzzuk meg az EA félátmérőt, amely meghosszabbítva a GCD érintőt (amely a megvilágító fénysugarat ábrázolja) D pontban érje el. Tehát a CA ív, vagy a CD szakasz 100 [mérföld] lesz, ha CE 1000, úgyhogy DC és CE négyzetösszege 1 010 000, ami DE négyzetével egyenlő. Így az egész





ED távolság több, mint 1004, és AD több, mint 4, ha CE 1000 volt. Tehát a holdi AD magasság, amely valamely a GCD napsugárig emelkedő, és a C hártártól CD távolságban lévő hegycsúcsot ábrázol, magasabb, mint 4 itáliai mérőföld. De a Földön nincsenek olyan hegyek, amelyek akár csak egy mérőföldnyi magasságba emelkednének merőlegesen, tehát világosan következik, hogy a holdi kiemelkedések magasabbak a földiekénél.

Ezen a helyen úgy tetszik, hogy bizonyos egyéb csodálatra méltó holdi jelenségek okát kijelöljük. Ezek nekünk ugyan nem újak, hanem sok évvel ez előtt észleltük őket, sok bizalmas barátunknak és tanítványunknak meg is mutattuk; mivel azonban ezek megfigyelése a távcsővel könnyebb és érthetőbb, nem tartottam következtetésnek ezt erre a helyre tennem; annál is inkább, hogy a Hold és a Föld közti rokonság és hasonlóság még világosabban kitűnjék.

Amikor a Hold, konjunkció előtt is, utána is, nem messze található a Naptól, gömbjének nemcsak fényes szarvakkal ékes része mutatkozik meg számunkra láthatóan; hanem az is látszik, hogy sötét, vagyis a Nappal ellentétes részének területét bizonyos finoman fénylő kör határolja, és a sötétebb ürtől elhatárolja. Sőt ha a dolgot pontosabb megfigyeléssel vizsgáljuk, látni fogjuk, hogy a sötét résznek nemcsak a legszélső szegélye fénylik valami bizonytalan fénnel, hanem a Hold egész arca, vagyis az, amelyet tudniillik még nem ér a nap ragyogása, bizonyos, éspedig nem is csekély fényben fehérlik. Első pillantásra ugyan csak a finoman fénylő, és az ég sötétebb részeivel szomszédos terület tűnik fel; a többi rész pedig sötétebbnek látszik a ragyogó, és látásunkat elvakító szarvakkal való érintkezés miatt. Ám ha valaki olyan helyet választ, hogy szeme és a Hold közt (de a szemtől távol) lévő tető vagy kémény, vagy valami egyéb tárgy eltakarja magát a fénylő szarvakat, de a Hold gömbjének többi része látható marad, akkor a Holdnak ezt a részét is, bár a Nap fénye nem éri, nem is csekély fényben ragyogni látja, éspedig annál inkább, ha a Nap távolléte miatt az éjjeli borzongás már megerősödött; sötét helyen ugyanis ez a fény jobban látszik. Továbbá ismert, hogy a Holdnak ez a – hogy úgy mondjam – másodlagos fénye annál erősebb, minél közelebb van a Naphoz; a tőle való távolsággal ugyanis fokozatosan csökken, úgyhogy első negyed után, és az utolsó negyed előtt nagyon gyengén és bizonytalanul észlelhető, pedig ilyenkor sötétebb égen nézzük. Ugyanakkor sextilben és kisebb elongációnál, noha szürkületben, csodásan ragyog; ragyog, mondom, annyira, hogy a pontos távcsővel meg lehet különböztetni nagyobb foltjait. Ez a csodás fény nem csekély mértékben fölkeltette a gondolkodók csodálatát, s közülük egyesek ezt, mások meg más érveket hoztak föl, hogy megokolják. Egyesek a ragyogást a Hold saját tulajdonságának s természetének mondták; mások szerint



a Vénusztól kapja, megint mások szerint az összes csillagtól; ismét mások szerint meg a Naptól, melynek sugarai áthatolnak a Hold sűrű mélyén. Pedig mindezeket a feltevéseket csekély munkával megcáfolhatjuk, s téves voltukat kimutathatjuk. Ha ugyanis az ilyen fény akár sajátja volna, akár a Naptól származnék, akkor leginkább fogyatkozáskor fogná föl és mutatná, amikor a legsötétebb égen található; ami pedig ellenkezik a tapasztalattal. Az a fényesség ugyanis, amely fogyatkozáskor mutatkozik a Holdon, sokkal gyengébb, vöröses, mintegy bronz-színű; ez meg fényesebb és ragyogóbb. Továbbá amaz változó és helye is elmozdul; vándorol ugyanis a Hold arcán, úgy, hogy az a része, amely legközelebb esik a földárnyék köre széléhez, világosabbnak, a többi meg sötétebbnek tűnik mindig. Ebből minden kétségen kívül megértjük, hogy az történik: a Nap sugarainak közelsége érinti a sötétebb vidéket, amely a Holdat körben körülveszi; ettől az érintkezéstől bizonyos aura ömlik a Hold szomszédos területeire, ugyanúgy, mint a Földön a szürkületi fény szóródik reggel és este is. Erről a dologról terjedelmesebben értekezünk a „De systemate mundi” c. könyvben. Azt feltenni pedig, hogy ez a fény a Vénusztól ered, olyan gyerekes, hogy feleletre sem méltó. Mert ki lenne oly tudatlan, hogy ne értse meg: konjunkció táján és szextilen belül teljesen lehetetlen, hogy a Holdnak a Naptól elforduló része a Vénusztól látható legyen. Hogy pedig a Naptól származnék, mely fényével áthatná és átjárná a Hold sűrű mélyét, hasonlóképpen lehetetlen: hiszen sosem csökkenne, mivel a Nap mindig a Hold egyik félgömbjét világítja meg, kivéve a holdfogyatkozások idejét; viszont csökken, amikor a Hold a kvadrátúrához közeledik, és teljesen eltűnik, amikor túlhalad a kvadrátúrán. Ha pedig ez a másodlagos fénylés nem a Hold veleszületett és saját tulajdonsága, sem valamely csillagoktól vagy a Naptól kölcsönzött, és ha a világűrben már nem maradt egyéb test, csakis a Föld, akkor kérдем, mit kell gondolkunk? Mit kell kijelentenünk? Nemde maga a Hold teste, vagy bármi más fényelnyelő és sötét test a Földtől kap fényt? Mi ebben a csoda? Igenis: a Föld hálásan viszonzozza ugyanolyan változással a Hold hasonló kivilágítását, mint amilyet maga a Hold ad vissza a legmélyebb éjszakák sötétjének szinte teljes ideje alatt. Világosabban kifejtjük a dolgot. A Holdat konjunkciókor, amikor a Nap és Föld közt helyezkedik el, a napsugarak a legfelső félgömbjén árasztják el, azon, amely a Földtől elfordul. Az alsó félgömb viszont, amely a Föld felé fordul, sötétbe merül, és így egyáltalán nem világítja meg a földfelszínt. A Hold, fokozatosan távolodván a Naptól, lassanként az alsó, s felénk forduló félgömbjének némi részén is kivilágosodik, s fénylő szarvakat, bár vékonyakat, fordít felénk, és némileg megvilágítja a Földet. A kvadrátúrához közeledve már növekszik a Holdon a napfényes rész, erősödik e fény visszaverődése a Földön; továbbterjed ezután a ragyo-

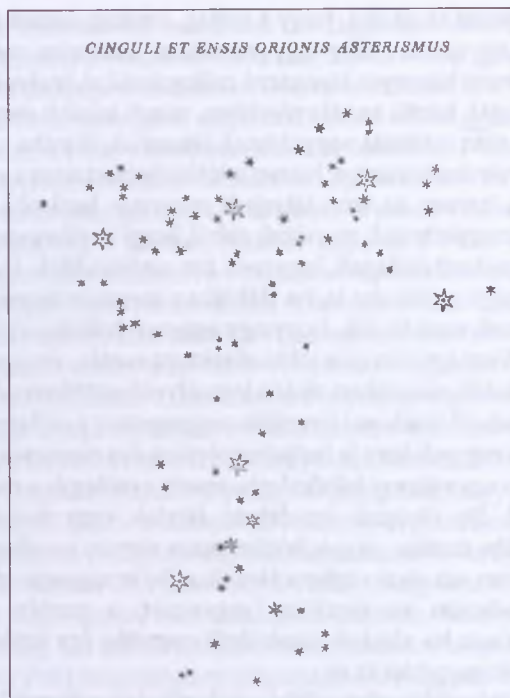
gás a Holdon a félkörön túl, és nálunk is világosabbá válnak az éjszakák. Végre a telehold, mely a Föld felé néz, a szembenálló Nap igen fényes sugaraitól világos, és szélteiben-hosszában fénylik a földfelszín a holdvilágban. Később a fogyó Hold gyengébb sugarakat bocsát felénk, gyengébben világítja meg a Földet: a Hold a konjunkcióhoz közeledik, a Földet sötét éj foglalja el. Tehát ilyen periódussal váltakozva adja nekünk a havi kivilágítást, hol fényesebbet, hol gyengébbet, a hold fénye, és persze hasonló mértékben viszonzozza a Föld ezt a jótettet. Amikor ugyanis a Hold a Nap alatt a konjunkciók közelében található, a Földnek a Napnak kitett, élénk sugaraktól kivilágított félgömbjére tekint vissza, és felfogja annak visszavert fényét; így tehát e visszaverődés által látszik a Hold legsalsó, azaz a Nap fényétől elzárt félgömbje nem csekély mértékben fénylőnek. Ugyanaz a Hold, a Naptól negyed körrel elmozdulva, már csak a Föld megvilágított félgömbjének felére, tudniillik a nyugatira tekint, mivel a másik, a keleti fele éjjeli sötétben van; így maga a Hold is kevésbé látszik fényesnek a Földről, hiszen kétszerte gyengébb fényt mutat nekünk. Ha pedig megállapítod, hogy a Hold a Nappal oppozícióban áll, akkor a közbül eső Föld teljes egészében sötét és éjszakai félgömbjére lát; ha pedig az ekliptikán következik be az ilyen oppozíció, akkor egyáltalán semmi fényt nem kap a Hold, elhagyva a Nap és hasonlóképpen a Föld sugárzásától is. A Földnek a Naphoz viszonyított más-más helyzetében pedig hol több, hol kevesebb visszavert fényt kap a Földtől, aszerint, hogy a Föld megvilágított félgömbjének nagyobb vagy kisebb részére néz. És így tart ez a folyamat a két gömb között, hogy amikor a Hold a legjobban megvilágítja a Földet, akkor viszont a Föld a Holdat a legkevésbé világítja meg, és megfordítva. És ami kimaradt, mivel e helyen csak keveset mondtunk el erről a dologról, bővebben van meg a „Systemate mundi” c. művünkben. Ebben igen sok megfontolással és bizonyítékkal mutatjuk meg, hogy a Föld élénken veri vissza a Nap fényét, azoknak, akik azt a csillagok táncától függetlennek állítják, főként azon az alapon, hogy az nem mozog, és nincs fénye sem. Pedig hogy az a bolygó, amely felülmúlja a fényével a Holdat, nem csupán mocsok és a világ seprője, hatszázféle bizonyítással és természetes okoskodással fogjuk megerősíteni.

Eddig a Hold testével kapcsolatos megfigyelésekről szoltunk. Most röviden azokról az állócsillagokról nyilatkozunk, amelyeket eddig megvizsgáltunk. Először is figyelemre méltó, hogy a csillagok, mind az állók, mind a bolygók nagysága, amikor távcsővel nézzük, sohasem látszik olyan arányban nőni, mint amennyire megnagyobbodik a többi objektumé, maga a Hold is. Ez a növekedés a csillagok esetén sokkalta kisebbnek tűnik; annyira, hogy a távcső, amely a többi objektumot például százszorosan képes megnagyítani, a csillagokat alig négyszeres vagy ötszörös nagyításban adja

vissza. Ennek pedig az az oka, hogy a csillag, amikor szabad szemmel nézzük, nem saját egyszerű, s hogy úgy mondjam, mezítelen méretét mutatja számunkra, hanem bizonyos kisugárzó csillogásokkal, melyek hajszerű sugarakkal ragyogják körül, annál erősebben, minél inkább elmélyült már az éjszaka. Ezért aztán sokkalta nagyobbban látszanak, mintha attól az idegen hajzattól meg volnának fosztva; hiszen a látószögüket nem a csillag elsődleges testcskéje, hanem az igen kiterjedt ragyogás határolja. Ezt egészen nyilvánvalóan megértheted, mondjuk abból, hogy napnyugtakor a szürkület elején föltünedező csillagok, legyenek bár elsőrendűek, kicsinynek tűnnek; de még maga a Vénusz is, ha déltájban megmutatkozik számunkra, olyan ösztövérenek mutatkozik, hogy egy egészen halvány csillaggal látszik egyformának. Nem így van ez a többi objektum esetén, és magánál a Holdnál; amely, akár déli világosban, akár a legmélyebb sötétben nézzük, ugyanakkorának látszik. Nyíratlanul figyeljük meg ugyanis a csillagokat sötétben, de hajzatukat a nappali fény le tudja borotválni; ám nem csak eme fény képes erre, hanem egy vékony felhőcske is, amely a csillag és a megfigyelő szeme közé kerül. De elvégzik ezt fekete fátylak vagy festett üvegek is, amelyeknek elébe tartása, vagyis közberakása elveszi a csillagok körüli ragyogást. És éppen ezt viszi végbe a távcső: először ugyanis elveszi a csillagoktól a kölcsönzött és járulékos ragyogást, s ezután az egyszerű gömböcskéket (már ha alakjuk gömbölyű) nagyítja. Így aztán úgy látszik, hogy csak kisebb nagyítást ér el.

Említésre méltónak látszik továbbá a bolygók és a csillagok látványa közti különbség. A bolygók ugyanis kicsiny, pontosan kör alakú és lekerekített gömböknek mutatkoznak, és mintha mindenütt fénnel elárasztott holdacsókák lennének, kicsiny korongot mutatnak. Az állócsillagok viszont sohasem látszanak kör kerülettel határoltnak, hanem bizonyos köröskörül csillogó sugarakkal vibrálnak és nagyon szcintillálnak; a mondott formát mutatják távcsőben is, amelyet szabad szemmel nézve, de annyiaval nagyobbak, hogy egy öt vagy hat magnitúdós csillagocskát egyformának látunk a Canissal, a legfényesebb állócsillaggal. És bizony, a hat magnitúdós csillagok alatt, a távcsővel olyan nagy sokaságát fogod látni más, szabad szemmel észlelhetetleneknek, hogy az szinte hihetetlen, többet ugyanis, mint amennyit a többi hat magnitúdóig láthatsz. Ezek legfényesebbjei, a hetedrendűek, vagyis amelyeket nem látható első rendűeknek nevezhetünk, a távcső jóvoltából nagyobbak és fényesebbnek tűnnek, mint szabad szemmel a másodrendű csillagok. Hogy ezeknek elgondolhatatlan bőségéről egy vagy más bizonyítékot láss, elhatároztam: leírok két aszterizmust, hogy azok példáján megítélhesd a többit. Először úgy határoztam, hogy az egész Orion csillagképet





rajzoló le; ám a csillagok hatalmas tömegétől, idő hiányában, visszariaszta, más alkalomra halasztottam, hogy ehhez fogjak. Vannak ugyanis a rég ismertek közt, egyik és a másik fényrend határai közt elszórva, ötvennél többen; amiért is az Öv három és a Kard hat eddig ismert csillaga között nyolcvan más ott lévő, most felfedezettet tüntettünk föl; ezek távolságát, amennyire pontosan csak lehet, úgy adtuk vissza. Az ismerteket, vagyis a régieket a megkülönböztetés kedvéért nagyobbak festettük, és kettős vonallal húztuk körül. A többi, az eddig ismeretleneket, kisebbnek és egy vonallal jelöltük; fényességük különbségét is, amennyire lehetett, jelöltük.

A másik példában a Bika Plejádoknak





nevezett hat csillagát rajzoltuk le (hatot mondok, éspedig mivel a hetedik szinte sosem látható) az égen igen szűk határok közé zárva, ahol több mint negyven egyéb, nem látható is fekszik, melyek egyike sincs távolabb fél fokkal az előbb említett hatnál. Mi ezekből csak harminchatot jegyeztünk föl; távolságaikat, fényességüket, nemkülönben az újak és régiek különbségét úgy jelöltük, mint az Orionban.

Amit pedig negyedszerre figyeltünk meg, az maga a Tejút lényege avagy anyaga volt, melyet a távcső segítségével annyira érzéketesen lehet meg nézni, hogy ez minden vitát is, melyek a századok során a filozófusokat kínozták, szemmel látható bizonyossággal eldönt, és felment minket a terjengős fejtegetéstől. A Tejút ugyanis semmi más, mint számtalan, egy helyre zsúfolt csillag együttese, amelynek bármelyik részére irányítod a távcsövet, azonnal rengeteg csillag mutatkozik, melyek közül sokan eléggé nagyok és jól láthatóan fényesek, de az apróbbaknak a rengetege egyszerűen kifejezhetetlen.

De ez a fénylés, mint egy fehéres felhő, nem csak a Tejútban látszik. Igen sok hasonló színű kis terület ködlik az éterben szétszórva, és ha valamelyikükre rászégezed a távcsövet, összezsúfolt csillagok seregére találsz. Továbbá (amin még jobban fogsz csodálkozni), azok a csillagok, amelyeket egyes csillagászok mind a mai napig „ködösnek” neveztek, csillagocskák csodálatos módon egybehintett nyájai. Ezek sugarainak keveredéséből áll elő az a fénylés, mivel mindegyikük a halványsága, vagy a tőlünk való igen nagy távolsága miatt látásunk számára elérhetetlen, és melyről eddig azt hitték, hogy az ég sűrűbb része, amely vissza tudja verni a csillagok és a Nap sugarait. Mi ezek közül nem keveset megfigyeltünk, és két aszterizmust ki akartunk emelni.

Elsőként tekintsd az Orion fejének nevezett ködös csillagot,

*NEBULOSA ORIONIS*



amelyben negyvenegy csillagot számoltunk meg.

A második a Praesepe nevezetű ködösséget foglalja magában

*NEBULOSA PRAESEPE*



ez nem csak egyetlen csillag, hanem több mint negyven csillagocska csoportja. Mi, a két Szamáron kívül, harminchatot jegyeztünk föl, abban a rendben, amint itt következik.

A Holdról, az állócsillagokról és a Tejútról röviden elmondtuk, amit eddig megfigyeltünk. Hátravan még, hogy, ami a legtöbbször becsülendőnek látszik jelen munkában, négy bolygót, amit a világ kezdetétől egészen a mi időnkig sohasem figyeltek meg, felfedezésük és megfigyelésük alkalmát, nemkülönben helyüket, valamint a viselkedésükre és változásaikra vonatkozó, két hónapon át végzett megfigyeléseket feltárjuk és nyilvánosságra hozzuk; felhívva minden csillagászt, hogy szánják rá magukat ezek perió-

dusának kikutatására és meghatározására, ami nekünk eddig az idő szűkössége miatt nem sikerült. Azonban újból figyelmeztetjük őket, nehogy hasztalanul fogjanak hozzá e megfigyeléshez, hogy egy pontos távcsőre van szükség, amelyet művem elején már leírtam.

Szóval, a jelen ezerhatszáztizedik esztendő január havának hetedik napján, az éjszaka első órájában, midőn az égbolt csillagait néztem a távcsövön keresztül, utamba került a Jupiter. Mivel pedig igen jó műszert használtam (ami azelőtt a másik eszköz gyenge volta miatt nem sikerülhetett), három kis csillagocskát láttam mellette állni, kicsiket, de fényesekeket. Ezek, bár állócsillagnak hittem őket, nem kis csodálkozást váltották ki, mivel pontosan egyenes vonalban látszóttak az ekliptikával párhuzamosan, és a többi hasonló nagyságúnál ragyogóbbak voltak. Egymás közt és a Jupiterhez képest így helyezkedtek el:

Ori.



Occ.

vagyis a keleti oldalon két csillag volt, egy pedig nyugaton. A keletibb és a nyugati a harmadiknál kissé fényesebbnek tűnt. Az egymás és a Jupiter közötti távolságaik legkevésbé sem izgattak, mivel mint mondtunk már, állócsillagnak hittem őket. De midőn nyolcadikán, nem is tudom, milyen fátyumtól vezettetve, visszatértem ugyanazoknak a megfigyeléséhez, teljesen más helyzetet találtam: mindhárom csillagocska ugyanis nyugaton volt, egészen közel a Jupiterhez és egymáshoz, akárcsak az előző éjszakán, egymástól egyenlő távolsággal elválasztva, mint a következő rajz mutatja.

Ori.



Occ.

Így, bár a csillagok megváltozott közelségeire nem figyeltem föl, de této-vázni kezdtem, mi módon kerülhetett a Jupiter az előbb említett csillagok mindegyikétől keletre, amikor kettőjük az előző napon még keletre volt tőle. Ezért attól tartottam, hogy esetleg mozgása a csillagászati számítással ellentétben direkt lehet, és ezért saját mozgása által azokat a csillagokat megelőzte. Így hát a legnagyobb kíváncsisággal vártam a következő éjszakát, de reményemben csalatkoztam, mert az eget mindenütt felhők borították el. Tizedikén a csillagok ilyen helyzetben jelentek meg a Jupiterhez képest:

Ori.



Occ.

vagyis csak ketten voltak, s mindketten keleten; a harmadik, amint föltettem, a Jupiter mögött bujkált. Mint azelőtt, egy egyenesben álltak a Jupiterrel, pontosan az ekliptika hossza mentén elrendezve. Amint ezt láttam, s megértettem, hogy a Jupiternek semmiképpen sem tulajdoníthatók ilyen elmozdulások, azonfelül pedig fölismertem, hogy a megfigyelt csillagok mindig ugyanazok voltak (ugyanis sem előbb, sem hátrább ezen ekliptikai hosszúság környékén messze nem voltak más csillagok), kétségből csodálkozásra váltottam, megállapítván, hogy a megfigyelt mozgás nem a Jupiterhez, hanem az említett csillagocskákhoz tartozik. Ezért elhatároztam, hogy ezután igen aggályos gondossággal meg fogom figyelni őket.

Tizenegyedikén a következő elhelyezkedést láttam:

Ori.



Occ.

Vagyis csak kettő volt keleten; a középső háromszor olyan messze a Jupitertől, mint a legkeletibbtől, és a legkeletibb kétszer fényesebb volt a másikinál, holott előző éjjel egyformának látszottak. Ezért minden kétséget kizáróan úgy döntöttem, hogy három csillag van az égen, amelyek a Jupiter körül keringenek, mint a Merkúr és a Vénusz a Nap körül; de amint nem sokára végül mégis napnál világosabban sok megfigyelés alkalmával észleltünk: nem is csak három, hanem valójában négy bolygó csillag járja körútját a Jupiter körül. Ezek szabatosabban és következetesen észlelt változásait a következő beszámoló fogja megmutatni: egymás közti távolságukat is mértem a távcsővel a fentebb ismertetett módon; azonkívül hozzátettem a megfigyelések óráit is, kiváltképp amikor egy éjjel több észlelést is végeztem. Ezeknek a bolygóknak ugyanis oly gyors a mozgása, hogy még órányi változásait is gyakorta meg lehetett határozni.

Tizenkettedikén tehát, a bekövetkező éjszaka első órájában, ilyen alakzatban láttam a csillagokat:

Ori.



Occ.



a keletebbi csillag nagyobb volt a nyugatinál, de mindketten jól láthatók és fényesek; mindkettő két percnnyire volt a Jupiterstől. A harmadik csillagocska a harmadik órában kezdett megjelenni, először kevésbé látszott, amint érintette a Jupiterst a keleti oldalon, és még nagyon halvány volt. Mind egy egyenesben voltak, és az ekliptikai hosszúság szerint rendezve.

Tizenharmadikán négy csillagocskát figyeltem meg a Jupiterhez képest ilyen elrendezésben:

Ori.



Occ.

három volt nyugaton, és egy keleten, közel egyenest határoztak meg; a nyugatiak közül a középső egy kicsikét északabbra tért el az egyenestől. A legkeletibb két percnnyire volt a Jupiterstől; a többi és a Jupiter távolsága egy-egy percnnyi volt csak. Mindegyik csillag egyforma, bár csekély nagyságú volt, ám igen fényesek, és az ugyanakkora állócsillagoknál sokkal ragyogóbbak voltak.

Tizennegyedikén borult idő volt.

Tizenötödikén, az éjszaka harmadik órájában a Jupiterhez képest a legközelebb lerajzolt alakzatban volt a négy csillag:

Ori.



Occ.

mind nyugaton, ugyanazon egyenes vonal mentén helyezkedtek el; a Jupiterstől számítva a harmadik kevésbé észak felé tolódott el. A Jupiterhez legközelebbi volt a legkisebb, a következők rendre nagyobbaknak tűntek. A Jupiter és a három következő csillag távolsága mind egyformán két-két percnnyi volt, de a legnyugatibb a hozzá legközelebbitől négy perc távol állt. Nagyon fényesek voltak, egyáltalán nem szcintilláltak, amilyenek mindig látszottak, ezelőtt és ezután is. Ám a hetedik órában csak három csillag volt ott, a Jupiterhez képest a következő helyzetben:

Ori.



Occ.

hajszálpontosan egy egyenesben voltak, a Jupiterrel szomszédos módfelett kicsiny volt, és attól három percnnyire; ettől a második egy perc távol volt,

a harmadik a másodiktól 4 perc 30 másodpercre. Egy óra múlva a két középső csillag még közelebb volt, ugyanis csupán 30 másodperc távolságban.

Tizenhatodikán az éjszaka első órájában három csillagot láttunk a következő rendben:

Ori.                      •   ●   •                      Occ.

kettő közrevette a Jupitert, attól erre és arra 0 perc 40 másodpercre, a harmadik pedig keletre volt a Jupitertől 8 percre. A Jupiter mellettiek nem voltak nagyobbak a legtávolabbinál, de fényesebbnek látszottak.

Tizenhetedikén napnyugta után 30 perccel ilyen volt a konfiguráció:

Ori.                      •   ●   •                      Occ.

Csak egy csillag volt keletre 3 percnnyire a Jupitertől, és nyugaton szintén egy, a Jupitertől 11 percre. A keleti kétszer akkorának látszott a nyugatinál, nem volt több ott, csak ez a kettő. Ámde négy órával később, vagyis a következő, ötödik órában kezdett előtűnni keleten egy harmadik, amely, mint gondolom, előbb az elsővel együtt állt; és ilyen volt a helyzet:

Ori.                      • •   ●   •                      Occ.

A középső csillag, keleti, mint a legközelebbi, csak 20 másodpercre távolodott el tőle; a szélsők és a Jupiter alkotta egyenestől egy picit délebbre tért el.

Tizennyolcadikán 0 óra 20 perccel napnyugta után ilyen volt a látvány:

Ori.                      •   ●   •                      Occ.

a keleti csillag nagyobb volt a nyugatinál, a Jupitertől 8 percre; a nyugati vizsont 10 percre tért el a Jupitertől.

Tizenkilencedikén, az éjszaka második órájában, ilyen volt a csillagok elrendeződése:

Ori.      •      ●      •      •      Occ.

azaz három csillag volt, pontosan egy egyenesben a Jupiterrel. Egy keleten a Jupitertől 6 percre; a Jupiter és a következő nyugati közt 5 perc volt a távolság, ettől a legnyugatibb 4 percre volt. Bizonytalan voltam benne, hogy talán a keleti csillag és a Jupiter között is volt egy csillagocska, de nagyon közel a Jupiterhez, annyira, hogy szinte érintette. De az ötödik órában már tisztán láttam a Jupiter és a legkeletibb csillag közt helyet foglaló csillagot, így a következő volt a konfiguráció:

Ori.      • •      ●      • •      Occ.

Azonfelül a legújabban meglátott csillag igen kicsiny volt; mindamellett a hatodik órában nagyságra egyforma volt a többivel.

Huszedikán 1 óra 15 perckor ehhez hasonló volt az elhelyezkedés:

Ori.      •      ●      • •      Occ.

Három olyan apró csillagocska volt ott, hogy alig lehetett megpillantani; a Jupitertől és egymástól nem voltak egy percnél távolabb. Nem voltam biztos benne, hogy nyugaton kettő vagy három csillagocska volt-e. A hatodik óra körül ilyen módon helyezkedtek el:

Ori.      •      ●      • •      Occ.

azaz a Jupitertől keletre lévő kétszer jobban eltávolodott, mint ahogy azelőtt, vagyis 2 percre; a középső nyugati a Jupitertől 0 perc 40 másodpercre volt, a legkeletibbtől pedig 0 perc 20 másodpercre. Végül a hetedik órában nyugat felé három csillagocska látszott:

Ori.      •      ●      • •      Occ.

a Jupiterhez legközelebbi 0 perc 20 másodpercre volt, a legnyugatibb és e közt 40 másodperc volt a távolság; ezek között pedig látszott egy másik, kis-sé dél felé elhajolva, a legkeletibbtől 10 másodpercnél nem távolabb.

Huszonegyedikén 0 óra 30 perckor keleten három csillagocska volt, egy-mástól és a Jupitertől egyforma távolságban:

Ori.                      . . . ● .                      Occ.

becslésem szerint távolságuk 50 másodperc volt. Volt egy csillag keleten is, a Jupitertől 4 percnyre. A Jupiterhez legközelebb lévő keleti volt mind közül a legkisebb; a többiek valamivel nagyobbak, de egymás közt közel egyenlők.

Huszonkettedikén 2 órakor a csillagok helyzete ilyenforma volt:

Ori.                      .                      ● . .                      .                      Occ.

A keleti csillagtól a Jupiterig 5 percnyi volt a távolság, a Jupitertől a legnyugatibbig 7 percnyi. A két középső keleti egymástól 0 perc 40 másodpercre volt; a Jupiterhez közelebbi attól mintegy 1 percnyre. A középső csillagocskák kisebbek voltak a szélsőknél; a zodiákussal párhuzamosan egy egyenesbe estek, bár a három nyugati közül a középső picit délebbre tért el. De az éjszaka hatodik órájában ilyen alakzatban látszottak:

Ori.                      .                      ● . . .                      Occ.

A keleti módfelett pici volt, a Jupitertől, mint előbb is, 5 percnyi távolságban. A három nyugati pedig a Jupitertől és egymástól is egyforma mértékben vált szét, az egyes távolságok 1 perc 20 másodpercnyeiek voltak. A Jupiterhez legközelebbi csillagocska a másik kettőnél kisebbnek tűnt; mind pontosan egy egyenesben látszott.

Huszonharmadikán 0 óra 40 perccel napnyugta után, nagyjából ilyen volt a csillagok konfigurációja:

Ori.                      .                      .                      ● .                      Occ.



Három csillag volt a Jupiterrel egy vonalban a zodiákussal párhuzamosan, mint ahogy mindig is: kettő volt keleten, egy pedig nyugaton. A keletibb a következőtől 7 percre volt, ez pedig 2 perc 40 másodpercre a Jupitertől; a Jupiter a nyugatitól 3 perc 20 másodpercre. Mind nagyjából egyforma nagyok voltak. De az ötödik órában az a két csillag, amelyek előbb a Jupiterhez a legközelebb voltak, többé nem látszott; úgy sejtem, hogy a Jupiter mögött rejtőztek. Ilyen volt hát az állás:

Ori.      •      ●      Occ.

Huszonnegyedikén három csillag látszott, mind keleten, nagyjából egy vonalban egymással és a Jupiterrel:

Ori.      •      ••      ●      Occ.

A középső némileg dél felé tért el a vonaltól. A Jupiterhez legközelebb lévő attól 2 percre volt, ettől a következő 0 perc 30 másodpercre, ettől pedig a legkeletibb 9 percnyi távolságban; mind igen fényesek voltak. A hatodik órában aztán már csak két csillag mutatkozott a következő állásban:

Ori.      •      •      ●      Occ.

vagyis hajszálnyira egy vonalban a Jupiterrel, amelytől a közelebbi 3 percnyire, a másik pedig ettől 8 percnyire távolodott; ha nem csalódom, az előbb látott két középső csillag egybeesett.

Huszonötödikén 1 óra 40 perckor ilyen volt az állás:

Ori.      •      •      ●      Occ.

vagyis csak két csillag volt a keleti oldalon, elég nagyok; a keletibb a középsőtől 5 percre, a középső a Jupitertől 6 percre volt.

Huszonhatodikán 0 óra 40 perckor a csillagok ily módon rendeződtek el:

Ori.      •      •      ●      •      Occ.

tehát három csillag látszott, kettejük keleten, a harmadik a Jupitertől nyugatra; ez attól 5 percnnyire volt, a középső keleti ugyanattól 5 perc 20 másodpercre, a legkeletibb pedig a középsőtől 6 percre. Ugyanazon egyenes mentén helyezkedtek el, nagyságuk is egyforma volt. Ezután az ötödik órában az elhelyezkedés lényegében ugyanilyen volt, csak annyiban tért el, hogy a Jupiter mellett előtűnt keleten a negyedik csillagocská; kisebb a többinél, a Jupitertől akkor 30 percre, de kissé az egyenes vonaltól észak felé eltolódott, amint a következő ábra mutatja:

Ori. • • • • Occ.

Huszonhetedikén, napnyugta után egy órával, csak egyetlen csillagocská látszott, és pedig keleten, a következő helyzetben:

Ori. • • • • Occ.

igen apró volt, s a Jupitertől 7 percnnyi távolságban.

Huszonnyolcadikán és huszonkilencedikén a felhők miatt nem lehetett semmit észlelni.

Harmincadikán, az éjszaka első órájában ilyen helyzetben látszottak a csillagok:

Ori. • • • • Occ.

egy volt keleten, a Jupitertől számítva 2 perc 3 másodpercre, kettő pedig nyugaton, közülük a Jupiterhez közelebbi attól 3 percre, az utolsó ettől 1 percnnyire. A szélsők és a Jupiter ugyanazon egyenesben álltak, de a harmadik csillag kicsit észak felé tolodott; a legnyugatibb kisebb volt a többinél.

A hónap utolsó napján, a második órában keleten két csillag volt látható, nyugaton egy:

Ori. • • • • Occ.

A keletiek közül a középső a Jupitertől 2 perc 20 másodpercre volt, a legkeletibb a középsőtől 0 perc 30 másodpercre. A nyugati a Jupitertől 10 perc-

cel tért el. Közel egy egyenesben voltak, de a Jupiterhez közelebb eső keleti némileg északra távolodott. A negyedik órában viszont,

Ori.      • •      ●      •      Occ.

a két keleti közelebb került egymáshoz, ugyanis már csak 20 másodpercre voltak egymástól. Ezen észlelések alkalmával a nyugati csillag elég aprónak tűnt.

Február első napján, az éjjel második órájában, ilyféle volt az állás:

Ori.      •      •      ●      •      Occ.

A keletibb csillag a Jupitertől 6 percnyire távolodott el, a nyugati meg 8 percre; a keleti részen egy csillag, igen apró, volt a Jupitertől 20 másodpercnyire. Pontosan egy egyenest határoztak meg.

Másodikán ilyen rend szerint látszottak a csillagok:

Ori.      •      ●      •      •      Occ.

Egyetlen keleti volt a Jupitertől 6 percre; a Jupiter a nyugati közelebbtől 4 percre; ettől a legnyugatabbiig 8 perc volt a köz; pontosan egy egyenesben voltak, és lényegében egyenlő nagyságúak. De a hetedik órában négy csillag volt ott:

Ori.      •      •      ●      •      •      Occ.

amelyek közt a Jupiter foglalta el a középső helyet. E csillagok legkeletebije a következőtől 4 percre, ez a Jupitertől 1 perc 40 másodpercre távolodott; a Jupiter a hozzá közelebbi nyugatitól 6 percre, ez a legnyugatibbtól 8 percnyire. Mind egy egyenesben voltak, a Zodiákussal párhuzamosan.

Harmadikán hét órákor ebben a sorrendben voltak a csillagok:

Ori.      •      ●      •      •      •      Occ.

a keleti a Jupitertől 1 perc 30 másodpercre, a szomszédos nyugati 2 percre volt, s ettől a legnyugatibb 10 percnyi távolságban. Pontosan egy egyenesben voltak, nagyságuk is egyenlő volt.

Negyedikén a második órában a Jupiter körül négy csillag állt, kettő keleten, és kettő nyugaton is, épp ugyanazon egyenesben helyezkedtek el a következő alakzatban:

Ori.      •   •   ●   •   •      Occ.

A legkeletebbi a következőtől 3 percre, ez meg a Jupitertől 0 perc 40 másodpercre; a Jupiter a közelebbi nyugatitól 4 percre, ez a legnyugatibbtól 6 percre. Nagyságra körülbelül egyformák voltak, a Jupiterhez közelebb lévő keleti azonban kissé kisebbnek tűnt. A hetedik órában pedig a keleti csillagok már csak 0 perc 30 másodpercre voltak egymástól.

Ori.      ••   ●   •   •      Occ.

A Jupiter a közelebb lévő keletitől 2 perc távolságban, a következő nyugatitól 4 percre, ez a legnyugatabbitól 3 percre távolodott; mind egyformák voltak, és az ekliptikával párhuzamosan ugyanazon egyenesben.

Ötödikén az égbolt felhős volt.

Hatodikán csak két csillag tűnt elő, melyek közrefogták a Jupitert, úgy, ahogy az alábbi ábrán látható:

Ori.      •   ●   •      Occ.

a keleti a Jupitertől 2 percre, a nyugati meg 3 percre volt, egy egyenesben a Jupiterrel, és nagyságra is egyformák voltak.

Hetedikén két csillag állt ott, mindkettő keletre a Jupitertől, ebben az elhelyezkedésben:

Ori.      ••   ●      Occ.

köztük és a Jupiter közt egyenlő távolság volt, egy-egy percnyi; ők ma-  
guk és a Jupiter középpontja egy egyenesre esett.



Nyolcadikán az első órában három csillag volt, mind keleten, amint a rajzon:

Ori.



Occ.

A Jupiterhez legközelebbi, elég apró, attól 1 perc 20 másodperc távolságban volt; a középső pedig ettől 4 percre, és elég nagy volt. A legkeletibb, fölöttebb kicsiny, ettől 0 perc 20 másodpercre állt. Nem voltam benne biztos, hogy a Jupiterhez legközelebbi csak egy csillagocska volt-e, vagy kettő; néha ugyanis látszott kelet felé egy másik is, csodamód aprócska, és amattól 0 perc 10 másodpercre volt csupán. Mind ugyanazon egyenes mentén voltak a zodiákus vonalán. A harmadik órában aztán a Jupiterhez legközelebbi csillagocska azt már szinte érintette, ugyanis attól csupán 0 perc 10 másodpercre volt; a többiek távolabb kerültek a Jupitertől, a középső a Jupitertől 6 percnnyire került. Végül a negyedik órában az, amelyik a legközelebb volt a Jupiterhez, egyesült vele, és tovább nem lehetett látni.

Kilencedikén 0 óra 30 perckor a Jupiternél két csillag állt keleten és egy nyugaton, ilyen helyzetben:

Ori.



Occ.

A keletibbi, amely eléggé kicsiny volt, a következőtől 4 percre volt, a középső, nagyobb, a Jupitertől 7 percre; a Jupiter a nyugatitól, amely kicsi volt, 4 perc távolságban volt.

Tizedikén az első órában, 30 perckor, két csillagocska volt látható, mindkettő igen kicsiny volt keleten, ilyen helyzetben:

Ori.



Occ.

a távolabbat a Jupitertől 10 perc választotta el, a közelebbit pedig 0 perc 20 másodperc; egy egyenesbe estek. A negyedik órában azonban a Jupiterhez közelebbi csillag már nem látszott. A másik is annyira kisebbnek tűnt, hogy alig lehetett észrevenni, pedig a levegő kitűnő volt; és most is, mint előbb, ez volt a legtávolabb a Jupitertől, amennyiben attól 12 percnnyire volt.

Tizenegyedikén az első órában két csillag volt keleten és egy nyugaton. A nyugati 4 percre volt a Jupitertől; a szomszédos keleti

Ori.    •        •        ●        •        Occ.

szintén 4 perc távolságban volt a Jupitertől. A legkeletibb pedig ettől 8 percre volt; elég jól látszottak, és egy egyenesbe estek. De a harmadik órában egy negyedik csillag is látszott a Jupiterhez közel, tőle keletre, a többinél kisebb volt, és a Jupitertől

Ori.    •        •        •        ●        •        Occ.

0 perc 30 másodpercnyi távolság választotta el. A többiek által kijelölt egyenes vonaltól kissé dél felé tért el; mind igen fényes és jól látható volt. Az ötödik óra közepén a Jupiterhez szomszédos keleti csillag attól már távolabb került, a középső helyet foglalta el a Jupiter és a következő keleti csillag közt; mind pontosan egy egyenesbe estek és egyforma nagyságúak voltak, amint a mellékelt ábrán látható:

Ori.    •        •        •        ●        •        Occ.

Tizenkettedikén 0 óra 40 perckor két csillag volt keleten, és ugyancsak kettő nyugaton. A távolabbi keleti 10 percnnyire volt a Jupitertől, a távolabbi nyugati pedig 8 percre,

Ori.    •        •        •        ●        •        •        Occ.

mindketten elég feltűnőek voltak; a két másik közel volt a Jupiterhez, elég aprók voltak, különösen a keleti, amely a Jupitertől 0 perc 40 másodpercre volt; a nyugati pedig 1 percnnyire. A negyedik órában viszont a csillagocskák, amely a Jupiterhez kelet felől a legközelebb volt, már nem látszott.

Tizenharmadikán 0 óra 30 perckor két csillag volt kelet felől,

Ori.    •        •        •        ●        •        •        Occ.

és kettő nyugaton is. A Jupiterrel keleten szomszédosabb, mely elég feltűnő volt, attól 2 percre volt; ettől a keletebbi, kevésbé jól látható, 4 percnnyi-

re. A nyugatiak közül a Jupitertől távolibb, igen feltűnő, attól 4 percnyi távolságban volt; ez és a Jupiter közé egy apró csillagocská esett, közelebb a legnyugatabbi csillaghoz, hisz attól nem volt messzebb 0 perc 30 másodpercnél. Mind egy egyenesben voltak, az ekliptikával pontosan párhuzamosan.

Tizenötödikén (ugyanis tizennegyedikén az eget felhők takarták), az első órában ilyen volt a csillagok helyzete:

Ori.                      •   •   ●                      Occ.

vagyis három keleti csillag volt, és egy sem látszott nyugaton. A Jupiterhez keleten legközelebbi attól 0 perc 50 másodpercre volt, a következő ettől 0 perc 20 másodpercre, ettől a legkeletibb pedig 2 percre. Ez a többinél nagyobb volt, a Jupiterhez közelebbiek ugyanis elég aprók voltak. De nemso-kára az ötödik órában a Jupiterhez közelebbi csillagok közül csak az egyik látszott, a

Ori.                      •   •   ●                      Occ.

Jupitertől 0 perc 30 másodpercre. A legkeletibbnek az elongációja a Jupitertől megnőtt, most 4 percnyi volt. Ám a hatodik órában az előbb mondott kettőn kívül, amelyek keleten helyezkedtek el, észleltem nyugaton is egy csillagocskát, meglehetősen aprót, a Jupitertől 2 percre.

Ori.                      •   •   ●   •                      Occ.

Tizenhatodikán a hatodik órában ilyen elhelyezkedésben állottak:

Ori.                      •   ●   •   •                      Occ.

A keleti csillag a Jupitertől 7 percre volt, a Jupiter a következő nyugatitól 5 percre, ez pedig az öt követő nyugatitól 3 percre; mindegyik közel egyforma nagyságú, elég jól látható volt, és egy egyenesben álltak, pontosan a zodiákus mentén.

Tizenhetedikén 1 óraker két csillag volt ott:

Ori. • ● • Occ.

egy keleten, a Jupitertől 3 percre, és egy nyugaton, 10 percnyire; ez valamivel kisebb volt a keletinél. De 6 óraker a keleti közelebb volt a Jupiterhez, amennyiben 0 perc 50 másodperc volt a távolsága; a nyugati viszont messzebb, tudniillik 12 percre távolodott. Mindkét észleléskor egy egyenesben voltak, és mindketten elég aprók, különösen a keleti a második észleléskor.

18-án 1 óraker három csillag volt ott, közülük kettő nyugaton, keleten csak egy. A keleti a Jupitertől 3 percre, a nyugati

Ori. • ● • • Occ.

közelebbi 2 percre; a másik nyugatabbi a középsőtől 8 percre volt. Mind pontosan egy egyenesben volt, és lényegében egyforma nagyok voltak. De 2 óraker a szomszédos csillagok egyforma távolságra voltak a Jupitertől: a nyugati maga is 3 percre. Ám 6 óraker negyedik csillagocska látszott a keletibb és a Jupiter között, ilyen konfigurációban:

Ori. • • ● • • Occ.

a keletebbi a következőtől 3 percre, az a Jupitertől 1 perc 50 másodpercre, a Jupiter a következő nyugatitól 3 percre, ez meg a legnyugatabbitól 7 percre. Nagyjából egyformák voltak; csak a Jupiterhez legközelebbi keleti volt a többinél egy kicsivel kisebb, és egy egyenesben voltak az ekliptikával párhuzamosan.

19-én 0 óra 40 perckor két csillag volt látható nyugatra a Jupitertől

Ori. ● • • Occ.

elég nagyok, és a Jupiterrel hajszálpontosan egy egyenesben álltak az ekliptika vonala mentén. A közelebbi a Jupitertől 7 percre volt, ez a nyugatibbtól 6 percre.

20-án felhős volt az ég.



21-én 1 óra 30 perckor három, elég apró csillagocskát észleltem ilyen állásban:

Ori.      •      ●      •      •      Occ.

a keleti a Jupitertől 2 percre, a Jupiter a következő nyugatitól 3 percre, ez a nyugatabbitól 7 percre volt; hajszálla egy, az ekliptikával párhuzamos egyenesben.

25-én 1 óra 30 perckor (ugyanis a közbeeső három éjszakán felhők takarták az eget), három csillag jelentkezett:

Ori.      •      •      ●      •      Occ.

keleten kettő, egymástól és a Jupitertől is 4 perc távolságban; az egyetlen nyugati a Jupitertől 2 percre. Pontosan egy egyenesbe estek az ekliptika vonala szerint.

26-án 0 óra 30 perckor csak két csillag volt jelen:

Ori.      •      ●      •      Occ.

egy keleten a Jupitertől 10 percre, és egy másik nyugaton, 6 percre. A keleti valamivel kisebb volt, mint a nyugati. De 5 órakor három csillag látszott:

Ori.      •      ●      •      •      Occ.

az előbb mondott kettőn kívül ugyanis nyugaton a Jupiter mellett egy harmadikat, igen aprót is észleltem, amely előbb a Jupiter alatt rejtőzött, és amely attól 1 percre volt. A keleti, mint azelőtt, távolabb látszott, lévén a Jupitertől 11 percre. Először ezen az éjszakán láttam jónak, hogy a Jupiter és a kísérő bolygók haladását, amelyet a zodiákus mentén tesznek, bizonyos állócsillaghoz viszonyítva megfigyeljem. Látszott ugyanis egy állócsillag a keleti bolygótól 11 percre, és kissé dél felé eltérve, a következő módon:

Ori.      •      ●      •      •      Fissa      Occ.

27-én 1 óra 4 perckor a csillagok ilyen konfigurációban jelentkeztek:



a legkeletebbi a Jupitertől 10 percre, a következő, a Jupiterhez legközelebbi 0 perc 30 másodpercre; a következő nyugati 2 perc 30 másodpercre, ettől a nyugatibb 1 perc távolságban volt. A Jupiterrel szomszédosak aprónak tűntek, különösen a keleti; a szélsők igen feltűnőek voltak, elsősorban a nyugati. Pontosan egy egyenest határoztak meg az ekliptikával párhuzamosan. E bolygók kelet felé haladását az előbb említett állócsillaghoz viszonyítva biztosan észleltem, ugyanis maga a Jupiter a kísérőivel együtt közelebb volt, ahogy látható a mellékelt ábrán. De 5 órakor a Jupiterhez közelebbi keleti csillag 1 percre volt tőle.

28-án 1 órakor csak két csillag látszott: egy keleti a Jupitertől 9 percre, és egy nyugati, 2 percre tőle. Elég feltűnőek voltak egyazon egyenesben; ehhez a vonalhoz az állócsillag függőlegesen illeszkedett a keleti csillagnál, amint az ábrán:



de 5 órakor harmadik csillagocskát pillantottam meg a Jupitertől 2 percnire a következő állásban:



Március elsején 0 óra 40 perckor négy csillag látszott, mind keleten. A Jupitertől a legközelebbi 2 percre, ettől a következő 1 percre, a harmadik 0 perc 2 másodpercre, a többinél világosabb; ettől a legkeletebbi 4 percre volt, s a többinél kisebb. Közel egy egyenest jelöltek ki, eltekintve attól, hogy a Jupitertől harmadik egy kissé eltért. Az állócsillag a Jupiterrel és a legkeletebbivel egyenlő oldalú háromszöget alkotott, mint az ábrán:



2-án 0 óra 40 perckor három bolygó volt ott, kettő keleten, egy pedig nyugaton, ilyen állásban:

Ori.



Fissa

Occ.

A legkeletibb a Jupitertől 7 percre volt, ettől a következő 0 perc 30 másodpercre; a nyugati a Jupitertől 2 perc távolságban. A szélsők fényesebbek s nagyobbak voltak a harmadiknál, amely igen aprónak látszott. A legkeletibb az egyenestől, amelyet a többi és a Jupiter alkotott, kissé dél felé látszott eltérni. A már említett állócsillag a nyugati bolygótól 8 percnnyire volt, közvetlenül az összes bolygó által meghatározott egyenesre magától a bolygótól állított merőleges mentén; mint a mellékelt ábra mutatja.

Íme, a Jupiter és a mellette lévő bolygók és állócsillagok adatainak eme gyűjteményét óhajtottam közölni, hogy ezekből bárki megérthesse: e bolygók haladása a táblázatokból merített mozgásokkal hosszúság és szélesség szerint is hajszála megegyezik.

Ezek az általam nemrég felfedezett négy Medici-bolygó észlelései, amelyekből bár azok keringési idejét még nem tudom megadni számadattal, de azt legalábbis kijelenthetem róluk, hogy valóban figyelemre méltók. Először is, a Jupitert hasonló közökkel hol követik, hol megelőzik, és attól mind keleten, mind nyugaton csak igen szűk határok közt távolodnak el, és azt előretartó és hátráló mozgásában is egyaránt követik, mintha körülötte végeznék körforgásukat, miközben a világ középpontja körül mind ugyanazon tizenkét éves periódust teljesítik, ebben senki sem kételkedhet. Eközben különböző körökön keringenek, ami nyilvánvalóan következik abból, hogy a Jupitertől legnagyobb kitérésben soha nem lehetett két hozzátartozó planétát látni; amikor pedig a Jupiter közelében kettő, három, sőt néha mind összegyűlve megtalálható volt. Észrevehető továbbá, hogy azok a planéták, amelyek szűkebb kört írnak le a Jupiter körül, gyorsabban keringenek. Ugyanis a Jupiterhez legközelebbi csillagok gyakran látszottak keletinek akkor, amikor előző nap még nyugaton jelentek meg, és viszont; de a legnagyobb körön mozgó planéta, alaposan megvizsgálva pontosan feljegyzett keringését, félhavi visszatéréseket látszik mutatni. Ezenkívül nagyszerű és kiváló érvet ajánlok azok aggályaival szemben, akik a kopernikuszi rendszerben a bolygók Nap körüli keringését nyugodtan elfogadják – de igen megzavarodnak attól, hogy az egyetlen Hold a Föld körül mozog, miközben mindkettő évi kört jár be a Nap körül, hogy ezt az egész világrendszer mint lehetetlent, elvetendőnek gondolják. Most pedig nem egyetlen bolygónk van, amely egy másik körül tud keringeni, miközben mindkettő a Napot

egy nagy körön járja körül, hanem érzékelésünk négy vándorló csillagot mutat a Jupiter körül, amelyek éppúgy, ahogy a Hold a Föld körül, mind hasonlóképpen a Jupiterrel 12 év alatt nagy kört járnak be a Nap körül. Azon sem szabad átsiklanunk, miért van, hogy a Medici-csillagok, miközben igen szűk körüket befutják a Jupiter körül, eközben néha több mint kétszerre is nagyobbak látszanak. Ennek okát egyáltalán nem kereshetjük a földi párákban, mivel nagyobbak vagy kisebbnek látszanak, amikor a Jupiter és a szomszédos állócsillagok nagyságát változatlanul észleljük. Az is teljesen lehetetlennek látszik, hogy ekkora változást okozzon, amennyire a Földtől eltávolodnak keringésük során perigeumban vagy apogeumban. Hiszen egy határolt körmozgás ilyen sehogyan sem állíthat elő, ovális mozgás pedig (amely ez esetben majdnem egyenes) elképzelhetetlen is, de nem is látszik sehogyan sem összeilleni az észlelt jelenségekkel. Amit ez ügyben kigondoltam, szívesen előadom, és a helyesen gondolkodók ítéletére és döntésére bízom. Ismeretes, hogy a földi párák hatására a Nap és a Hold nagyobbak, a bolygók és csillagok kisebbnek látszanak. Ezért a világítók a horizont közelében nagyobbak, a csillagok viszont kisebbek, sőt egészen láthatatlanok; nagyon elhalványulnak ugyanis, ha azokon a párákon ömlik szét a fény. Így aztán a csillagok napközben és szürkületkor fölöttébb gyengén látszanak, de a Hold nem, amint fentebb már említettük. Világos továbbá, hogy nemcsak a Földet, de a Holdat is párás légkör veszi körül, mind abból, amit ezekről fentebb mondtunk, mind és főképp abból, amit bővebben a mi „Systemate” című munkánkban mondani fogunk; de lényegében ugyanezt a megállapítást tehetjük a többi planétáról is. Így a Jupiter körül is sűrűbb éterlégkört föltételezni egyáltalán nem látszik elképzelhetetlennek; ekörül, mint az elemek szférája körül a Hold, keringenek a Medici-csillagok, és ennek a légkörnek a következtében amikor apogeumban vannak, kisebbnek, amikor pedig perigeumban, saját pályájuk eltávolodása illetve alászállása okán, nagyobbak tűnnek. Többre jutni az idő szűke nem teszi lehetővé; minderről a kegyes Olvasó hamarosan többet is várhat.

(Csaba György Gábor Fordítása)



**Szécsényi-Nagy Gábor**  
**Mérőföldkövek a csillagászat**  
**és a megfigyelőeszközök fejlődésében**

Jómagam mintegy fél évszázada követem nyomon a természettudományok, ezen belül a fizika és a csillagászat fejlődését, technikai hátterének alakulását. A legutóbbi negyven esztendőben pedig a csillagászati ismeretek terjesztésébe is bekapcsolódtam, legmagasabb szinten a jövő csillagászainak az Eötvös Loránd Tudományegyetemen folyó fölkészítésébe. Ez ugyan már egy emberöltőnél is több, de a távcsővel megsegített asztronómia négy évszázadának éppen csak a tizede. Ahhoz mégis elegendő, hogy az ember belássa, ebben a tudományágban a megfigyelőeszközök tökéletesedése és az észlelési lehetőségek bővülése mindig is meghatározta a fejlődés irányait; a mégoly kerek és csábító teóriák és hipotézisek próbakövét ugyanis a belőlük levonható következtetéseknek a világmindenségben tapasztalható állapotokkal és viszonyokkal való összevetése jelenti.

Eltekintve most az időközben megvalósult űrutazások és az Apollo-program során végrehajtott Holdra szállások ismertetésétől, csak három jellemző példát említek. Egyetemi tanulmányaim kezdetén a Mars észlelt színváltozásait magyarázandó még az egyik lehetséges hipotézisnek tartották a bolygó talaját borító „növénytakarónak” az ottani évszakokra történő reagálását. Ugyanakkor eléggé szkeptikusan fogadta a szakma a Big Bang elméletet, és a Hubble-állandóra kapott értékek nagy szórására (akkortájt ugyanis 50 km/s/Mpc-től 500 km/s/Mpc-ig sokféle adat forgott közkézben) hivatkozva sokan teljesen el is vetették. A harmadik példám szorosan kapcsolódik a földi távcsövektől akkoriban elvárt optikai teljesítményekhez. Axiómaként hangzott, hogy a legszélesebb körben alkalmazott asztrofotográfiában – a légkör nyugtalansága miatt – egy közepes méretű amatőrtávcső földoldási határát az óriásteleszkópokkal sem lehet látványosan túlszárnyalni, és bár utóbbiakkal sokkal halványabb égitesteket is tanulmányozhatunk, a légkörön kívüli objektumok egy ívmásodpercnél számottevően kisebb részleteit segítségükkel sem örökíthetjük meg. Akadtak, akik például az emberi szem különleges alkalmazkodóképességében, a látás még kevésbé ismert, titokzatos folyamataiban bíztak. Ők a bolygókutatás területén a teleszkopikus

fényképezéssel szemben határozottan a vizuális észleléseknek adtak több esélyt, mondván, hogy a halvány részletek megörökítéséhez elengedhetetlenül szükséges megvilágítási idő alatt a kép a légkör nyugtalansága miatt elmosódik, míg a legjobb vizuális megfigyelők képesek lehetnek a maximális nagyítású távcsövön át pillanatokra összeállni látszó illetve váratlanul újabb részleteket föltáró képet – emlékezetből, precízen – lerajzolni. Ehhez csak annyit, hogy ma már elég összevetni a Mars „csatornarendszerének” ekként megszerkesztett térképét az akár mindössze 20–40 cm-es nyílású távcsövekre szerelt olcsó webkamerákkal amatőrök által fölvett képsorozatokból szoftveres földolgozás útján nyert pazar marsfotókkal! Kedvező körülmények között akár a légkörön túl működő kisebb űrtávcsövek által küldött képekhez hasonlóak is készíthetők így a vörös bolygóról, vagy éppen a Jupiterről.

Az ilyen és ehhez hasonló bravúrokra a modern elektronikus kamerák gyorsasága, nagy érzékenysége és a bolygók figyelemre méltó felületi fényessége nyújt módot. A csillagászat sokunk által nem alaptalanul irigyelt mai nagyágyúí, az adaptív optikai rendszerekkel ellátott, és mostanság általában már lézerező létrehozta műcsillagokkal is kiegészített óriási tükörteleszkópok – természetesen horribilis befektetések árán – e lehetőséget terjesztik ki a sokkal halványabb és még kisebb szögátmérőjű kozmikus objektumok optikai vizsgálatára is. Tanulmányom olvasóinak többsége számára mindez (talán) magától értetődő, hisz mind a híradástechnikai készülékek, mind az ún. szórakoztatóelektronikai cikkek vagy a számítástechnika birodalmában már néhány év, vagy akár pár hónap is nem várt újításokat, elképesztő teljesítményű (és a korábbiakkal sajnos nem mindig kompatibilis) termékeket eredményez. Ebben a tekintetben tényleg gyorsulni látszik a fejlődés. Hogy mindezt igazán értékelni tudjuk, és hogy még bátrabban álmodhassunk a közeljövő fantasztikus fölfedezéseket ígérő eszközeiről, vessünk egy pillantást a múltba, töprengjünk el azon, hogyan tudtak eleink emberöltőkön át ugyanazzal a műszerrel mérni, dolgozni!

## A nagy korszakhatárok

Aligha vitatható, hogy a megfigyelő-csillagászaton belül a legalapvetőbb korszakhatárt Galilei ötlete, a távcső ég felé irányítása vonta meg. Miben is állt e mozdulat jelentősége? Tekintsük át, mire is volt képes az emberi szem évezredekken át optikai segítség nélkül! Az emberi faj megjelenésétől, mondhatni egészen a középkor letűntéig szinte csak a ma ismert Naprendszer legbelső köreit tanulmányozhatták a kíváncsi természetbúvárok. Ráadásul a

Napra – annak fényét megfelelően gyöngítő optikai szűrő nélkül – szinte rá sem lehetett nézni a maradandó látáskárosodás kockázatának fölvállalása nélkül. Így az igazi csillagok eleve kikerültek a kifürkészhető objektumok köréből, s maradt a Hold és az a néhány (egészen pontosan öt) vándorló csillag, a pusztá szemmel is fölfedezhető planéták. A megkülönböztetésül álló csillagoknak nevezett fénypontokkal mint egyedi objektumokkal, valódi égitestekkel nem nagyon foglalkoztak. Ezek csak alkalmas vonatkoztatási rendszerként jöhettek számításba az előbbieksokszor elég cifrának tűnő mozgásának vizsgálatához.

Elvértve jegyezték csak föl egy-egy új csillag megjelenését, vagy utaltak éppen valamelyiküknek a fényesség- vagy színváltozására. A csillagok a világmindenséget burkoló szféra „parányi lámpásai” voltak. Esetleg az ég-gömbön éktelenkedő lyukak, amelyeken átviláglott a külső tűz örök fénye. Minthogy túl sok is volt belőlük, szinte semmiben sem különböztek egymástól, és pusztá szemmel szinte semmit nem lehetett megállapítani róluk, nem lehettek túl érdekesek. Így azután nem is sokat törődtek velük. Ha – sok évszázadonként – akadt valaki, aki lajstromba szedte őket, esetleg leellenőrizte, hogy a régebbiek által följegyzett helyükön tartózkodnak-e, mindenki nagyon boldog lehetett a „szakmában”, hogy az irtózatosan unalmas és szemrontó, ráadásul nagyon lassan haladó munkát nem épp neki kell elvégeznie.

A mérések valószínűleg fából vagy nádszálakból eszkábált, kézben tartott eszközökkel, hosszabbra tervezett méréssorozatok esetében függőleges síkban emelt körakásokon, falakon kialakított, többé-kevésbé pontosan föl-osztott körívek mentén történhettek. Az eredmények pontosságát behatárolta az irányzékot tartó kéz remegése, a sötéttségben való célzás nehézségei. Nem csoda hát, hogy ezen a rögzített szögmérők, e különös alakú kőépítmények méreteinek növelésével igyekeztek javítani. Persze az anyagi erőforrások – már akkor is – csak végesek lehettek, így az ókori obszervatórium is mindig csak kisebb lehetett annál, mint amekkorát a csillagász megálmodott. A szabályt erősítő kivételt az égi jelenségek iránt olthatatlan kíváncsiságot tanúsító uralkodók szolgáltatták. Ulugh bég, aki a Ptolemaiosz-féle csillagkatalógus pontosítására hatalmas mérőkörívet emeltetett, vagy az indiai maharadszák, kínai császárok, akik az alattvalóiktól elvont jövedelem markáns hányadával támogatták az obszervatóriumépítőket.

A mérések azonban ezekkel a csodálatosan kiagyalt és megvalósított célszerszámokkal sem lehettek pontosabbak annál, mint amilyenre az emberi szem egyáltalán képes. A retinánkon hemzsegnek ugyan a nagyon parányi érzékelők milliói, de közülük a legélesebb (nappali) látást biztosító sárgafolt területén jöszereével csak olyan ún. csapok találhatók, amelyek a sötétben



nem igazán működnek. E folt környezetében fokozatosan egyre több és több (gyöngye fényviszonyok közepette is használható) pálcika keveredik a csapok közé, míg nem túlsúlyba nem kerülnek. Emiatt van az, hogy a sötét égen a látóterünk közepétől távolabb is észreveszünk olyan halvány fényforrásokat – például villogó lámpájú repülőgépet, az eget átszelő mesterséges holdat vagy éppen hullócsillagot –, amelyek felé fordítva tekintetünket azok hirtelen „eltűnnek”. Így aztán nem csoda, hogy az éjszakai észlelések során szemünk megfigyelőképessége elmarad a nappal elérhető legjobb értékektől. Vegyük még hozzá ehhez a sötétben nagyra táguló pupillát, ami eleve hozzájárul szemünk optikai hibáinak fokozódásához, miközben a céltárgyak megirányzásának precizitását is lerontja. Utóbbi lényegét könnyen megérthetjük, ha meggondoljuk, hogy a távoli, pontszerűnek tűnő fényforrásról a pupilla nyílása által meghatározott keresztmetszetű nyaláb kerül a szemünkbe. Ha például úgy állunk a meridiánban épített falhoz, hogy az annak síkját súroló nyalábot még teljes pupillánkkal befogadhassuk, akkor a delelésen túljutott csillag fényéből még egy ideig észlelni tudunk valamennyit (egyre kevesebbet). Ahogyan a csillag áthalad a meridiánon és kezd „bebújni” a fal mögé, fényét egyre gyöngülőnek tapasztaljuk annak megfelelően, ahogyan a pupilla egyre kisebb részét képes már csak megvilágítani. Amidőn már annyira eltávolodik az égitest a meridiántól, hogy a függőleges fal annak egyetlen sugarát sem engedi többé a szemünkbe, a csillag eltűnik előlünk. Figyelembe véve az emberi szem átlagos pupillaméretét (pl. megfelelő idejű akkomodációt feltételezve 6 mm-es átmérőt) és egy tekintélyes méretű, mondjuk 6 méter sugarú fali kvadránst véve alapul a 6/6000-es arány 206 ívmásodperc nyílású szöget ad. Ez közel 3,5 ívperc, amit csak azáltal csökkenthetünk, ha a „műszerbe” még egy keskeny célzónyílást vagy párányi kukucskalót, kicsiny lyukat is szerelünk. Ez utóbbi esetben a szűkített nyalábbal dolgozhatunk, és így növelhetjük a megfigyelés pontosságát, viszont kénytelenek leszünk csak a fényesebb csillagok észlelésére szorítkozni.

Az elmondottak alapján érthető, miért nem lehettek igazán pontosak a vizuálisan, pusztá szemmel mért csillagkoordináták. Az ókorban meghatározott értékek akár 5–10 ívperccel is eltérhettek a valódiaktól, s még a távcső előtti korszak legkitűnőbb pozíciós asztronómusaként számon tartott Tycho Brahe méréseinek hibája is elérte az 1'–2'-et. Meg kell jegyeznünk, hogy ő számos új mérőeszközt is konstruált, amelyek között igen stabil, alig deformálódó, de hatalmas abroncsok és körök is voltak. Ezeken az irányzás (célzás) hibáját csökkentő dioptert is alkalmazott.



## Vizuális megfigyelés optikai távcsövekkel

Itt lép színre *Galileo Galilei* korszaknyitó ötletével, a hollandi típusúnak is nevezett egyszerű lencsés látcsőnek egy jellegzetes mozdulattal a horizont fölé való emelésével. Alig hüvelyknyi (1 hüvelyk vagy coll = 25,4 mm!) átmérőjű tárgylencséjű, saját kezűleg fabrikált – majd a sikerén fölbuzdulva többször is tökéletesített – műszerével akár harmincszoros nagyítást is képes volt elérni. Az egyenes állású képet adó eszköznek éppen ez volt az erőssége: a földi céltárgyakat mintegy „közelebb hozta”, látszólag megsokszorozta a méreteiket, és ugyanígy hatott az égi objektumokra is, felnagyítva azokat. Alapvető fontosságú fölismeréseit (a Hold felszíni alakzatainak, a Vénusz fázisainak, a Jupiter négy holdjának és a napfoltoknak a fölfedezését) ennek köszönhetette. Köztudott például, hogy a Galilei-holdakat – látszólagos fényességük okán – akár távcső nélkül is láthatnánk, ha nem oly közel járnának anyabolygójukhoz; pusztá szemmel így senkinek nem sikerült fölfedeznie azokat. A távcsövek nyújtotta további előnyöket, a földoldási határ csökkentését (a feloldóképesség javulását) és a fénygyűjtő képesség megnövelését már kevésbé tudta kihasználni. Előbbit az erős nagyítással együtt járó nehezebb kezelhetőség – megfelelő mechanika és órágép hiánya –, míg utóbbit a nem igazán tiszta üvegből készült lencséinek fényelnyelése és szórása, továbbá a szükségképpen föllépő képalkotási hibák egyaránt eredményezhették. Elég itt a Holdról készített rajzaira, a Fiastyúkot ábrázoló csillagtérképére utalni.

A Galilei-távcsővel nem lehet szigorú értelemben vett méréseket végezni! Ez az optikai eszköz nem hoz létre valódi képet, amit aztán így nem is lehet valamilyen, a célnak leginkább megfelelő mérőábrához, célzóképhez vagy fonálkereszthez illeszteni, hasonlítani. A távcsövekben széles körben alkalmazott mikrométer (vagy pontosabban okulár-mikrométer) csak a későbbi optikai rendszerekbe volt beépíthető. Az sem könnyítette meg az itáliai csillagász dolgát, hogy akkoriban a pontos idő megállapítására szolgáló kronométernek is híjával volt még, és bár az inga lengéseinek számlálására alapozott időmérés ötlete is tőle származik, beláthatjuk, hogy az éjszakai távcsöves észlelések közepette ez a módszer nem lehet elég pontos.

A roppant szűk látómező, amit távcsőve kínált, nem adott módot nagyobb égterületek átvizsgálására, csillagképek pontosabb térképeinek elkészítésére, a belső skála hiánya pedig a látvány méretarányának megállapítására. Erre a legszembeötlőbb példát a Jupiterről és négy holdjáról készített rajzsorozatai mutatják, amelyeken – amellet, hogy a megfigye-

lések időpontját csak az észlelés órájával adta meg – nincs pontosabb utalás a pillanatnyi szögtávolságokra sem, jóllehet a rajzon karikaként ábrázolt bolygó és a pontokkal jelölt kísérői közti távolságok arányai tulajdonképpen tartalmazzák ezt az információt.

Ahhoz képest, hogy milyen sokáig kellett várniuk a csillagászoknak a távcső föltalálására, a további típusok szinte sorozatban követték egymást. Galilei 1610-ben számolt be fölfedezéséről, és Kepler még ugyanabban az évben elkészítette 1611-ben kinyomatott optikai tanulmánya, a „Dioptrice” kéziratát, amelyben leírja, sőt rajzokon is bemutatja a később róla elnevezett csillagászati távcső sugármenetét, taglalja előnyeit. Érdekes viszont, hogy ő maga soha nem készítette el ezt a műszert. A Kepler-rendszer – szemben Galileiével – két pozitív lencséből rakható össze. Legnagyobb hátrányaként általában azt róják föl, hogy fordított állású képet ad, miközben hosszabb is a Galilei-félénél, hiszen tárgylencséjének és szemlencséjének távolsága a két gyújtótávolság algebrai összege ( $F_1 + F_2$ )  $2F_2$ -vel nagyobb, mint a hasonló nagyítású hollandi távcső (ez utóbbi hossza  $F_1 - F_2$ ).

A csillagászokat mindez általában nem zavarja, viszont hálásak a bolygómozgás-törvényeiről és hordószabályáról is ismert német asztronómusnak, amiért konstrukciója nagyobb hasznos látómezőt kínál, és mellesleg lehetővé teszi a főntebb már említett belső, a lencsék közös fókuszszíkjába illeszthető mérőléc vagy referenciaábra alkalmazását. A XVII. században *William Gascoigne* (1612–1644) angol csillagász által bevezetett újítás tette lehetővé a pozíciós asztronómia minden várakozást fölülmúló fejlődését, a Hold, a bolygók az üstökösök pontos szögméreteinek megállapítását, majd az aberráció és a csillagok sajátmozgásának fölfedezését, a nem túlságosan távoli csillagok parallaxisának meghatározását és mindezekkel az asztrofizikai mérések lehetőségének megalapozását. Ez a találmány, amelyhez hasonlólt később *Christiaan Huygens* is szerkesztett, majd 1666 táján a francia *Adrien Auzout* is „üzembe helyezett”, vagy háromszáz éven át a csillagászat talán legfontosabb mérőeszközének számított – jóllehet ritkán emlékeznek meg róla külön is. Egyik-másik, különösen nagy gondossággal megtervezett és kivitelezett, bonyolult szerkezetű okulár-mikrométer leolvasási pontossága elérhette akár az ezred millimétert is. Ezt és egy kellően nagy (10–15 métert meghaladó) gyújtótávolságú, jó leképezésű objektívet föltételezve a szögmérések hibája – relatív mérések esetén – jóval az ívmásodperc tizede, esetenként  $0'',01$  alá szorítható. A fonálkereszttel kiegészített műszerekkel már a kezdeti időkben is könnyedén elérhető volt az ívmásodperc körüli pontosság, így a korábbi méréseknek az újabbakkal való összehasonlítása során *Edmund Halley*-nek föltűnt, hogy az állócsillagok között akadnak olyanok is, amelyek minden bizonnyal kissé elmozdultak az évszázadok során.

A Sirius, a Procyon és az Arcturus adatai kétséget kizáróan igazolták, hogy a csillagok vándorolnak, és bár minden korabeli próbálkozás sikertelen volt a parallaktikus elmozdulás kimutatására, egyre nyilvánvalóbbá vált, hogy a csillagok tőlünk különböző távolságban vannak és többé-kevésbé kitöltik a bennünket övező teret.

Itt kell említést tennünk még egy nagyon fontos újításról: a színi hibától mentes távcsőobjektív megalkotásáról. Ennek két lehetséges módja van: többfajta üveganyagból készült lencsék megfelelő kombinálása (a brit *Chester Moor Hall* és *John Dollond* újítása a XVIII. század folyamán, korona- és flintüveg használatával), illetve a tárgylencse helyett homorú főtükör – ún. objektív – alkalmazása a *James Gregory* (1663 – homorú segédtükörrel párosítva), *Isaac Newton* (1668 – sík segédtükörrel) és *Laurent Cassegrain* (1672 – domború segédtükörrel) ötlete szerint megszerkesztett tükörteleszkópban, vagy más néven reflektorban. Ez utóbbi távcsőfajta – amelynek legősibb változatát nem sokkal a Galilei-féle látszó megismerését követően *Nicolaus Zucchi*us építette meg 1616-ban – alkalmazása azonban egészen *William Herschel* (1738–1822) lenyűgöző munkásságáig nem hozott kiemelkedő eredményeket. Ő maga segítőivel vagy négyszáz távcsőtükört készített, köztük fél métert is meghaladó átmérőjűeket. Legnagyobb műszerének, a 122 cm-es átmérőjű és 40 lábnyi gyújtótávolságú objektív köré szerelt reflektorának (melynek összátmege meghaladta a 30 tonnát) építésén negyvenen dolgoztak egy időben!

Herschel azonban nem elégitette ki a jobbnál jobb teleszkópok létrehozása. Ezek elkészülte után rengeteget észlelt is velük, és a csillagászat egészen új területeit alapozta így meg. Ő fedezte föl például az Uránuszt (1781), amit először üstökösnek vélt, később annak két kísérőjét, az Oberont és a Titaniat (1787), majd a Szaturnusz két holdját, az Enceladust és a Mimast (1789). Ekkortájt költözött abba a slough-i házba, az Observatory House-ba, amelyről a francia Arago később így emlékezett meg: „Ez a világnak azon pontja, amely a legtöbb fölfedezésnek helyet adott”. Ettől fogva tekinthetjük önálló tudománynak a planetológiát – a bolygók felszíni alakzatainak és környezetüknek, holdjaiknak a kutatását –, a kettőscsillagok, a kiterjedt égitestek – akkoriban kódoknak nevezték azokat – vizsgálatát, illetve a sztellárstatisztikát, amely elvezette őt a Tejútrendszer valószínű modelljének megalkotásáig.

A tömör fémtükrök korszakának leghatalmasabb teleszkópját Írországban építették meg 1842/45-ben. Ennek lelke volt a *Lord Rosse* által készített híres, 1,8 méter átmérőjű, mintegy négy tonna súlyú főtükör. A Leviathannak is nevezett műszer köré valóságos erődöt kellett építeni, hogy megtámassza azt és lehetővé tegye – legalább a meridián környezeté-



ben való – mozgását. Irgalmatlanul sok pénzbe, munkába és erőfeszítésbe került, csak egy igazi lord engedhette meg magának ezt a luxust. Ugyanakkor elmondható róla, hogy vele sikerült először fölismerni egy spirálgalaxis, az M51 tényleges alakját, és bár akkoriban még nem sejtették, hogy mi is valójában ez az objektum, a fölfedezést tekinthetjük úgy, mint a későbbi extragalaxis-morfológia előfutárát. A távcsőigászt az elmúlt évtizedekben rekonstruálták, és turistalátványossággként megtekinthető a Birr Castle-ban. A műszer eredetije a XX. század elejéig volt használatban, 1914-ben szerelték le mint korának legnagyobb csillagászati távcsövét. Csak 1917-ben tudta fölülmúlni az amerikai Wilson-hegyre telepített 100 hüvelykes reflektor.

## A fényképezés jelentősége a csillagászati kutatásokban

A modern csillagászat megszületése szempontjából legnagyobb jelentőségűnek a fotográfia fölfedezését kell tekintenünk. A kezdeti próbálkozások a XIX. század második évtizedére tehetők (*Nicéphore Niepce* – 1816, heliográfia). Ez az elnevezés azonban ne csapjon be bennünket: itt nem a napkutatásról van szó, hanem arról, hogy a kívánt hatást csak olyan erős fényforrással lehetett létrehozni, mint a Nap! Csillagászati alkalmazása így szóba sem jöhetett. A ma jóval szélesebb körben ismert dagerrotípát (*Jacques Daguerre* – 1833) az tette közismertté, hogy a csillagász *François Arago* kezdeményezésére a francia állam megvásárolta a szabadalmat a föltalálótól és 1839-ben nyilvánosságra hozta. E módszerrel fémlemezre lehetett képet készíteni a legfényesebb égitestekről, így a Napról, a Holdról és néhány csillagról. Kutatási eljárásként nem igazán értékelhető. A következő lépést az ún. kollodion-eljárás kidolgozása jelentette (*Frederic Scott Archer* – 1851). Ezzel a módszerrel már készültek asztrofotók, de – mivel az eljárás megkívánta a fényérzékeny lemezek helyszíni elkészítését, ami részben speciális ismereteket és ügyességet kívánt, másrészt bizonyos veszélyekkel is járt – nem terjedhetett el az általában teljes sötétségben dolgozó, teleszkópjukat joggal féltő csillagászok széles körében (az ilyen lemezek csak addig voltak exponálhatók, amíg nedvesek voltak, innen is a módszer elnevezése: nedves eljárás). Az igazi változást egy angol orvos, *Richard Maddox* fölfedezése hozta meg 1871-ben. Neki köszönhetjük a mind a mai napig használt száraz eljárás kidolgozását, a zselatinba ágyazott ezüstháloid-kristályok fényérzékenységeinek kiaknázását.

A száraz eljáráshoz használatos fotólemezeket erre alapított üzemek készítették, zárt dobozokban forgalmazták, miközben a réteg hónapokon vagy akár éveken keresztül megőrizhette fényérzékenységét. Ezeket nyu-



godtan a távcsövekbe lehetett helyezni, hosszan (akár egymást követő éjszakákon, 10–20 órát is) lehetett rájuk exponálni, megbízható körülmények között előhívni, szárítani, és akár több személy által, különböző időpontokban kiértékelni, archiválni. Új korszak köszöntött be a csillagászatba. Eddig sokan csak azt hitték el, amit saját maguk is láttak a távcsövön keresztül. Minden csillagásznak úgymond „saját” teleszkópra volt szüksége. Amit az okuláron át megfigyelt, le kellett rajzolni, illetve a műszer skáláiról leolvasott értékeket föl kellett jegyeznie. Mind megannyi kihívás, lehetőség a tévedésre, hibázásra. A mérések lényegében megismételhetetlenek voltak. A megfigyelhető égitestek körét az objektív fénygyűjtő képessége, a teleszkópban föllépő veszteségek és a megfigyelő szemének élessége, érzékenysége igencsak behatárolta.

Az immár lehetségessé vált hosszú megvilágítási idő alkalmazásával végre a távcsövön át nem látható objektumokról is képet lehetett készíteni. A pálcikalátás korlátozott színérzékenységet a fotoemulzióknak egész a légkör áteresztőképesége által megszabott ibolyántúli határig nyúló spektrális érzékenysége váltotta föl, lehetővé téve ezáltal a forró csillagok és a diffúz ködök UV-sugárzásának elemzését is. De ami a legfontosabb, hihetetlen mértékben „kitágult” a műszerek látómezeje. Ha korábban csillagra irányította valaki a teleszkópját, lényegében egy-két fénypontot tudott figyelemmel kísérni egyszerre. Összehasonlíthatta látszó fényességüket, emlékezhetett talán a színükre is, megmérhette a mikrométerrel a két pontocska távolságát, az azokat összekötő szakasz irányszögét. Ennél többre nemigen vállalkozhatott. Még rosszabb volt a helyzet a ködfoltok esetében. Ezeket szinte mindenki másmilyennek látta, rajzolta, írta le. Az új módszer révén a fényforrások feketedésként tűntek föl az előhívott fölvételeken, negatív képük jelent meg az üveglemezre „ragasztott” zselatinrétegben. Ezernyi apró pötty mutatta a csillaghalmazok tagjait, a Tejút felhőcskéinek milliónyi csillagát, különös pacák, maszatok a kozmikus ködöket. Gyönyörű, részgazdag képek készülhettek a különböző fázisait mutató Holdról, a szélesen elnyúló, ám halvány üstökösökről, de még a vakítóan fényes Napról is.

Igazi virágkorát élhette az asztrofizika, amelynek legfontosabb mérési módszerét a színeképelemzés jelentette. A fotólemez színérzékenységeinek kiterjesztése előbb a zöld, majd a sárga, a vörös, később pedig az infravörös tartományba is, minden várakozást fölülmúló eredményességűvé avatta az asztrofotográfiát. Speciális készülékeket szerkesztettek a legkülönbözőbb észlelési programokhoz. Megindult például a napkorong módszeres megfigyelése az újonnan kifejlesztett spektroheliográfokkal, jól meghatározott hullámhosszakon (a hidrogén vörös monokromatikus fényében, a H-alfa

sugárzásban illetve a kalcium-ion H és K jelű, ibolyántúli tartományba eső színeképvonalalaiban), de a napfoltok helyének és méretének megörökítése céljából fehér (összetett) fényben is, az ún. heliográfokkal és a több emelet magas toronyteleszkópokkal. Nagy korrigált látómezejű asztrográfokat (széles látószögű csillagászati kamerákat) terveztek és építettek új, korábban ismeretlen objektumok, például aszteroidák, üstökösök, nóvák főlátására, ingadozó fényességű vagy a többi csillaghoz képest elmozdulni látszó, általában a Naphoz közeli csillagok fölismerésére. Megindulhatott a teljes eget lefedő fotografikus atlaszok negatívjainak egyidejű fölvétele a Föld számos csillagvizsgálójában (elsőként a Carte du Ciel elnevezésű program, lényegében európai nemzetek kutatóinak összefogásával és munkájával). Az asztrográf objektívje előtt elhelyezett nagyméretű prizma, az ún. objektívprizma lehetővé tette, hogy a látómezőbe kerülő sok-sok csillagról egyszerre vegyenek föl színeképeket. Ebben a Harvard obszervatórium kutatói bizonyultak a legeredményesebbnek, olyannyira, hogy mind a mai napig az általuk – több évtizedes kutatások eredményeként – megalkotott és tökéletesített osztályozási rendszert használják világszerte. Tíz- és százszázalékkal születtek a csillagászati fölvételek, a legnagyobb intézetekben külön lemeztárakat kellett építeni azok megfelelő körülmények közötti tárolására, védelmére, archiválására. A korábban szinte kizárólag távcsövek mellett végzett megfigyelő tevékenység kiegészült az egyre bővülő műszerezettségű asztrometriai és asztrofizikai laboratóriumokban folytatható nappali mérésekkel. Különleges célműszereket konstruáltak: fotométereket, spektrum-komparátorokat, koordinátamérő- és összehasonlító-mikroszkópokat, blink-komparátorokat.

## Az óriás reflektorok kora

Valóságos aranykor volt ez az európai és észak-amerikai optikai üzemeknek, kutatóintézeteknek. A sokoldalú fejlesztések révén lehetőség nyílt a már régóta világrekorder óriástávcső trónfosztására is. Az asztrofotográfiát roppant eredményesen és sikeresen alkalmazó amerikaiak az éltre törtek, és úgy érezték, hogy eljött az ő idejük. A világ legnagyobb lencsés távcsöveinek (a Lick obszervatórium 36"-es és a Yerkes obszervatórium 40"-es refraktorának) megvalósítását követően elhatározták egy minden addigit fölülmúló méretű reflektor építését és fölállítását. A Rosse-féle 72"-es óriást nem illett volna 100"-nél kisebb átmérőjű távcsővel lekörözni, így hát ekkora monstrumot rendeltek a Mt. Wilson Observatory számára. A hatalmas üvegpagácsát akkoriban csak Franciaországban tudták kiönteni. A zöldes

A 100 hüvelykes távcső üzembe helyezése egybeesett a spirálködök természetéről folyó vita időszakával. Nem csoda, hogy ez a műszer lett az extragalaktikus csillagászat megszületésének előfeltétele. Ennek segítségével sikerült olyan fotókat készíteni, amelyek először mutatták meg az Andromeda-köd (M31) nagy luminozitású csillagait egyedi objektumokként, lehetővé téve fotometriájukat és így közvetve a galaxis tőlünk való távolságának meghatározását. Ugyancsak ez adott lehetőséget a távoli csillagrendszerek gömbhalmazainak főlismerésére, számos extragalaxis fényének színképi vizsgálatára. Az évtizedek munkájával összegyűjtött spektrumokat elemezve ismerhette föl Edwin Hubble a róla és a főlvételek legjobbait szállító Milton Humasonról elnevezett törvényszerűséget, amely megadja a távoli extragalaxisok látszólagos fényessége (végeredményben a távolságuk) és a Tejútrendszerhez viszonyított radiális sebességük közötti kapcsolatot. A két mennyiséget az optikai Doppler-effektus segítségével és annak föltételezésével lehetett nyilvánvaló kapcsolatba hozni, hogy az intergalaktikus térben az objektumok fénye egyáltalán nem, vagy csak alig nyelődik el.

Az ún. Hooker-teleszkóp eme – és itt szinte fölsorolhatatlan – sikerein föl-  
buzdulva nagy fába vágták a fejszéjüket a kaliforniai csillagászok. Elhatá-  
rozták egy 200 hüvelyk átmérőjű, tehát négyszer nagyobb fénygyűjtő  
képességű főtüköröt tartalmazó távcső megépítését. Ekkor már a hazai üveg-  
művesség is elég megbízhatónak tűnt, így 1934-től az ottani Corning gyár-  
ban folytak a munkálatok. Rengeteg problémával kellett megküzdeniük –  
többek között a II. világháború is hátráltatta a vállalkozást –, végül 1948-ra  
megvalósult a terv. Csillagfényt bocsáthattak az 508 cm tükörátmérőjű, le-  
gendás Hale-reflektorra. A 80-as évekig a vele végzett megfigyeléseken ala-  
pult az éjszakai csillagászat legtöbb korszakalkotó felfedezése: az  
univerzum távoli zugainak kutatása, a vöröseltolódás-rekorder galaxisok és  
galaxishalmazok kifürkészése, a kvazárok optikai szinképének főlvétele, a  
Hubble-állandó értékének újabb, egyre pontosabbnak vélt meghatározásai,



a különleges galaxisok kutatása, de például a Naprendszer óriásbolygóiról készíthető leg részletgazdagabb fényképek fölvétele is. Ha túl halovány volt egy-egy objektum a világ összes más távcsöve számára, akkor reá hárult a feladat: elkészíteni a képet, a spektrumot.

Egyetlen szempontból nem lehetett versenyképes az újabb teleszkópokkal: a hely, ahol fölállították, egyre kevésbé tűnt kiválónak a később igen hosszas, kitartó és részletes előtanulmányokkal föltárt, egészen egyedi asztroklímájú, általában magashegyi vagy éppen sivatagos környezetben épült obszervatóriumokéhoz viszonyítva. Ekkortájt vonultak a csillagászok – amerikaiak és európaiak egyaránt – a világ távoli zugaiba, a fényszennyezéstől egyelőre még tényleg mentes Chilébe, Ausztráliába. De az első méltó kihívójának, a Szovjetunióban ugyancsak évtizedeken át készült 6 méter tükörátmérőjű Nagy Azimutális Távcsőnek még nem sikerült lepipálnia. Részben technikai hiányosságai, részben a nem szerencsés helyválasztás miatt. Közben persze a fotográfia is átalakult. Ma már szinte csak digitális kamerákkal dolgoznak a csillagászok. Távcsövek kerültek a világűrbe, számos, a Föld légköre által okozott nehézséget kerülve meg ezzel. Új és még újabb spektrális intervallumok nyíltak meg a kutatók előtt (elsősorban a színekép közeli-, közép- és távoli-infravörös régiójában, de az űrben keringő műszerek előtt a röntgen- és a gammasugarak tanulmányozására is).

De ez már annyira a közelmúlt, hogy szinte olvasóim előtt zajlott, érdekességeit és izgalmait szinte együtt élhettük át. Egyre halványabb, egyre távolibb objektumok egyre kisebb részleteinek a kifürkészése, újabb hullámsávok – például a mikrohullámok, a milliméteres és az annál is rövidebb, szubmilliméteresek – tanulmányozása, a mikrohullámú háttérsugárzás mégoly csekély fodrozódásának kimutatása. A lézerefény keltette műcsillagokkal vezérelt adaptív optikai rendszerek már-már alapfelszereltségek korunk óriástávcsövein, sok száz irdatlan messzeségben lévő galaxis fényének szimultán spektroszkópiája az elképesztően bonyolult üvegszálköteges spektrográfok közreműködésével. Tíz, tizenhat, huszonöt és ötven méteres tükörteleszkópokat álmodnak, terveznek, és nem győzzük kapkodni a fejünket.



## Fűrész Gábor

# ELTervezett távcsövek

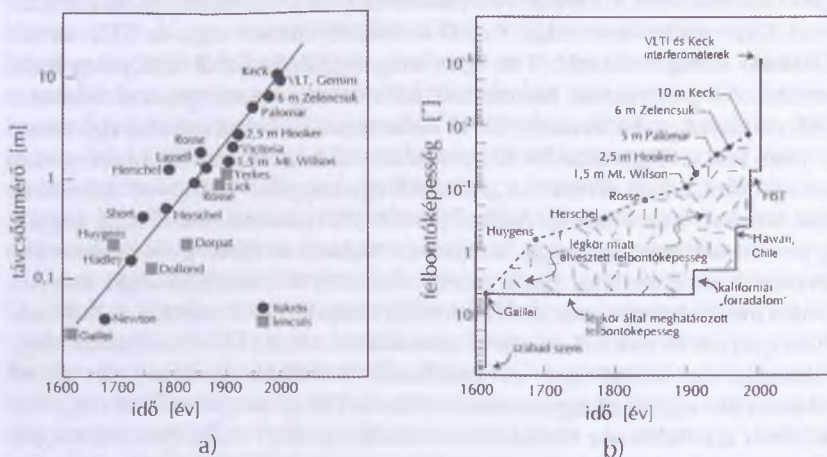
A cím talán kissé magyartalannak tűnik elsőre, ami nem véletlen, hiszen egy kis angol–magyar szójáték eredménye. A jövő óriástávcsöveit ugyanis Extremely Large Telescope néven, vagyis ELT rövidítéssel emlegeti a csillagász szakirodalom. Ennek (távcső)tükrében pedig remélhetőleg megengedhető a kis nyelvi keveredés. Annál is inkább, hiszen ezek az ELT tervek hatalmas komplexitásukból és igen magas költségeikből kifolyólag igazi nemzetközi programok, hiszen csak több ország összefogásával nyithat a XXI. század második évtizede 25–40 méteres szemeket az éjszakai égboltra.

Jelen írás arról az akár 20–30 éven is átívelő folyamatról kíván átfogó képet nyújtani, amely elvezet az „építsünk egy nagyobb távcsövet” ötlettől az első fotonok begyűjtéséig. A tácső(átmérő) történelme, mint látni fogjuk, egyértelműen mutatja, hogy hamarosan várható az újabb generációs óriástávcsövek megjelenése. Ezek valós tudományos szükségességét nagyon fontos megindokolni, már csak az anyagi vonatkozások miatt is. A tudományos igények és indoklások rövid áttekintése után az ELT-k technikai megvalósításának lehetőségei és problémái kerülnek terítékre, a távcső funkcionális egységeit egyenként elemezve. Ebben meglehetősen nagy terjedelmet szenteltünk a főtükör kérdésének, azonban szolgáljon mentségül, hogy annak nevében is benne van fontossága (főtükör), illetve hogy az ELT-k lényege a nagy méretű optika. A technikai (és anyagi) kihívásokról tudomást szerezve s azok megoldási lehetőségeivel felvértezve a jelenleg tervezés alatt álló óriástávcsöveket tekintjük át zárásként. Mindezek fényében pedig a T. Olvasó maga döntheti el, hogy az említett tervek közül melyik valósul majd meg elsőként. Ezt ugyanis jelen sorok írásakor még senki nem tudja – végül is a jövő távcsöveiről van szó.

## I. Jövőkép a múltból

A távcső négyszáz éves történelme során a teleszkópok átmérője folyamatosan növekedett (1.a ábra). Eleinte ugyan még hossza mérték a messze látókat, azonban hamar köztudottá vált, hogy az átmérő a lényeg. Mind a

fénygyűjtő-, mind pedig a felbontóképesség az optika fizikai méretétől és nem annak fókusz távolságától függ. Sokáig a felbontóképességbeli előnyt nem sikerült kiaknázni (1.b ábra), nagyrészt az optikai elemek tökéletlensége, kisebb részben a nem ideális megfigyelőhelyek miatt. Előbbi azonban rohamosan fejlődött, s az aszferikus tükrök majd az adaptív optikák (AO) megjelenése, valamint Hawaii és Chile hegyeinek meghódítása elkezdte bezárni az elméleti és elért felbontóképesség közötti ollót. A pontot természetesen a légkör hatásaitól teljesen mentes űrtávcsövek tették fel e tekintetben az i-re, bár ha az egyre több eredményt produkáló optikai interferométereket is figyelembe vesszük, akkor a földi obszervatóriumoknak sem kell szégyenkezniük.



1. ábra. A távcsőátmérő fejlődése négyszáz év alatt (a), valamint az elért felbontóképesség alakulása (b)

A távcsőátmérő töretlen növekedésében valószínűleg sok tényező játszott és játszik közre ma is, az önmagától értetődő tudományos indíttatás mellett társadalmi, gazdasági, technológiai feltételek is szükségesek effajta fejlődéshez. Az elmúlt évszázadbéli „kaliforniai forradalom”, vagyis az Egyesült Államok délnyugati (óriás)távcsöveinek fejlődési példáját tekintve a főtükrök mérete 35 évente kétszereződik meg (Hooker-teleszkóp – 2,5 m, 1917; Hale- vagy Palomar-reflektor – 5,0 m, 1948; Keck – 10 m, 1992). Ezt az exponenciális átmérő-növekedést extrapolálva 2027-ben egy 20, míg a XXI. század végén egy 100 méteres optikai teleszkópnak kell kémlelnie az eget.

Természetesen nem a technológiatörténeti adatoknak kell meghatározni, hogy mikor és mekkora távcsövet építünk a jövőben. A teleszkóp törté-

netét tovább kell írni, s ehhez az innovatív, merész elképzelések vezetnek. Ugyanakkor célszerű szem előtt tartani a múlt íratlan szabályait, tapasztalatait. A mindenkori legnagyobb távcsőátmérőt ugyanis valószínűleg az határozta meg, mekkora volt a még éppen kivitelezhető, megépíthető méret az adott időben. A legnagyobb, egyben megtett lépés pedig az átmérő megduplázása volt az elmúlt száz év során (l. fentebb), ami talán nem véletlen. Nyilvánvalóan a távcsőépítéshez használt technológiák fejlődési sebessége kihatással van/lehet erre, s némi gyorsulás mintha érzékelhető lenne az utóbbi évtizedekben, de mégsem árt tisztelni a tapasztalatban rejlő bölcsességet. Ezért valószínűleg a 20–30 méteres műszerek azok, amik a legkevesebb és az adott pillanat technológiájával még éppen megoldható akadályokat gördítik az építők elé a kivitelezés során.

## 2. Kell ez nekünk?

A technológiai lehetőségek mellett nyilvánvalóan fontosak az anyagi kérdések is, hogy mi az, amit úgymond megengedhet magának egy ország, vagy nemzetközi tudományos szervezet. Ám legyen akár magánszemély által támogatott (pl. Keck) vagy állami támogatású egy obszervatórium, a műszerfejlesztési (és kutatási) terveket el kell tudni „adni”, vagyis fogadtatni. S a ma oly elterjedt pályázati rendszerek okán talán sokak által első kézből ismert, ez mit jelent: tiszta, világos, meggyőző indoklást és természetesen az utólagos igazolást. Nézzük meg tehát kicsit közelebbről, hogy egyáltalán szükség van-e óriástávcsövekre, és miért?

### 2.1 A színek szélesítése, tudományterületek szimbiózisa

A csillagok molekuláris gázfelhők sűrű magjaiban születnek, s ebbe a porral is vastagon védett bölcsőbe csak a rádiótartomány milliméteres hullámhosszai engednek bizonyos mértékig bepillantani. A csillag azonban hamarosan elkezd levegni magáról e burkot, s először a távoli-, majd a közeli-infravörösben is megfigyelhetővé válik. Végül az optikai tartományban is megjelenik, miközben folyamatosan gyűjti magához a környező anyagot. Ennek egy része poláris kifúvásokban eltávozik, a rádiótartományban (is) megfigyelhető markáns jeleket hagyva a környezetében. A többi anyag korongot alkot a csillag körül, mielőtt annak felszínére zuhan. Ezen akkréciós folyamat jellegzetes emissziót okoz a vizuális tartományban, a kalcium kék (H és K) és a hidrogén jól ismert vörös (H $\alpha$ ) vonalaiban. Az anyag nagy sebességű becsapódása a csillagba azonban nagyenergiájú részecskéket is kelt



szép számmal, s ez a jelenség a röntgentartományban figyelhető meg leginkább. Az anyagkorong külső, csillagtól távolabb eső részei a távoli-infravörösben továbbra is látszanak, bár az idő előrehaladtával egyre kisebb intenzitással. A belső, forróbb része a korongnak a közeli-infravörös tartományt uralja – hacsak a keletkező bolygók ki nem „takarítják” ezt a régiót. A már kialakult bolygórendszerek optikai spektroszkópiával kimutatható jelenléte mellett a közeli infravörös spektroszkópia a planéták kémiai összetételéről adhat információt.

Mint ebből az igen tömörített és leegyszerűsített csillag- és bolygókeletkezési ismertetőből is kitűnik, egy csillagászati kérdéskör titkainak megfejtése az elektromágneses spektrum igen széles tartományának vizsgálatát igényli. Ha a különböző hullámhosszakon végzett megfigyelések felbontóképesége és érzékenysége túlságosan eltér, akkor igen nehéz az átfogó kép megalkotása. Márpedig két olyan nagy műszerfejlesztési program is a megvalósítás folyamatában van napjainkban, melyek tudományos értékéhez/eredményességéhez igen sokat adna egy 30–50 méteres optikai óriástávcső.

Az ALMA (Atacama Large Millimeter/submillimeter Array – Atacamasivatagbeli Nagy Milliméteres Hálózat) 64 mozgatható, egyenként 12 méteres antennából álló hálózata várhatóan 2012-re épül ki teljesen, de az első távcsövekkel már 2009-ben megkezdik a méréseket. A 18 és 150 km közötti bázisvonal eredménye a Hubble-űrtávcső (HST) képalkotását 5–10-szeresen felülmúló felbontóképeség, a 0,3–9,6 mm-es hullámhosszakon.

A 6,5 méteres JWST (James Webb Space Telescope, a Hubble-űrtávcső James Webbről elnevezett utódja) várhatóan 2013-ban kezdi meg működését a 0,6–28 mikrométeres hullámhosszakon, a Földtől 1,5 millió km-re az L2 Lagrange-pontban kibontva szegmensekből álló, újszerű főtükkrét.

Az elsősorban infravörös tartományra optimalizált JWST és a szubmilliméteres ALMA érzékenységet, felbontóképeséget a 8–10 m-es optikai műszerekével nem lehet összevetni. Pontszerű források leképezése tekintetében egy 20 m-es ELT azonban már a közeli-infravörösben (2,2 mikrométer) is összemérhető a JWST-vel, míg a vizuális tartományban 4–5-szörös az érzékenységbeli előny. Spektroszkópiai alkalmazásokban, ahol a fénygyűjtőképeség (azaz a tükörátmérő) szinte teljesen átveszi a hatalmat a felbontóképeség felett, egy 20 m-es óriás mintegy 6-szor jobban teljesít a 2,2 mikrométernél rövidebb hullámhosszakon. Nem is beszélve arról, hogy nagyfelbontású infravörös spektrográf nem szerepel a JWST és egyetlen tervezett későbbi űrtávcső műszerarzenáljában sem, így ezen területen (valamint az optikai nagyfelbontású színképelemzésben is) az ELT-knek elsődleges és pótolhatatlan szerepük lesz.



Az elmúlt évek számos, HST-hez fűződő felfedezésében és annak értelmezésében játszott kulcsszerepet a mai óriástávcsövek elsősorban spektroszkópiai „utómunkája”, meggyőző bizonyítékát adva annak, hogy milyen hatékonyan működhet egy efféle szimbiózis. Az egymást kiegészítő mérések pedig nemcsak a különböző hullámhossztartományokat, de tudományterületeket is összekapcsolnak. Példaként elegendő csak a GLAST gamma-űrteleszkóp és az LHC részecskegyorsító sötét anyag kutatásával kapcsolatos összefonódására, valamint az exobolygók megfigyelése kapcsán a csillagászok, geológusok, biológusok és kémikusok között kibontakozó együttműködésre utalni. Az optikai csillagászat területén tett lépés az ELT-k építésével tehát sok más kutatási területnek adhat újabb lökést.

## 2.2 Aktív kutatási területek

A teljesség igénye nélkül az egyre távolabbi régiók felé haladva tekintünk át röviden néhány aktív kutatási területet, s azt, mit adhatnak hozzá jelenlegi tudásunkhoz a jövő óriástávcsövei által kínált lehetőségek.

### Naprendszeren kívüli bolygók

A távcső 400 évvel ezelőtti születésének hajnalán még máglyán égette el az inkvizíció Giordano Brunót, többek között abbéli hite miatt, hogy a Föld csak egy a millió más naprendszer hasonló bolygói között. A filozófiai érvelés mára több mint 300 exobolygó közvetett és közvetlen megfigyelésén alapuló tényné vált. A csillag–bolygó rendszer közös tömegközéppontja körüli mozgást spektroszkópiai módszerekkel sikerült kimutatni, a csillag látóirányú sebességváltozása miatt a színekben Doppler-effektust mutató periodikus vonaleltolódások segítségével. A látóirányban fekvő bolygópályák esetén a csillagkorong előtt elhaladó planéta okozta részleges fedést, vagyis kismértékű (néhány százalékos) fényességsökkenést figyelhetünk meg, melyek felfedezésében a magyar HAT program is úttörő szerepet játszik. Ilyen objektumok felfedezését célzó, több tízezer csillag fényességét egyidejűleg mérő megfigyelési programok immár a világűrből is folynak a CoRoT és Kepler missziók által (l. Kiss L.: Válogatás a változócsillagászat új eredményeiből c. cikkét). Az együttes fotometriai és spektroszkópiai megfigyelésekből a bolygók sugara, tömege, pályája, a csillag paraméterei pontosan meghatározhatóak. Az immár több tucat fedési exobolygó a planéták keletkezési elméleteinek részletes ellenőrzésétől a Naprendszeren kívüli geológiai és légköri kutatások előtt nyitják meg az utat.

Az ELT-k és adaptív optika segítségével a közeli, Nap típusú csillagok körül keringő Jupiter méretű bolygókat közvetlen képalkotással lehet majd

megfigyelni, bár ez nem egyszerű. A központi csillag és a planéta ugyanis a vizuális tartományban egymilliárdszoros fényességkülönbséget mutat. Ez a kontraszt azonban milliószorosra csökken a közeli- és közép-infravörös tartományban. Vagyis a központi csillag kitakarásával (koronográf) és a diffrakciós kép módosításával (adaptív optika) elkülöníthető az exobolygók fénye (2. ábra). Másik megoldás fedés esetén a bolygó csillag mögötti és melletti elhelyezkedésében felvett színeképek összehasonlítása, melyből kimutathatók azok a spektrális jegyek, amelyek csak a planétára jellemzőek. Ez pedig utat nyit távoli bolygók felszínének és légkörének vizsgálatához, szerves anyagok kimutatásához más világokban.



2. ábra. Egy tervezett óriástávcső (GMT) normális diffrakciós képe (balra, logaritmikus skála), valamint adaptív optika segítségével létrehozott fázistolás-mintázat (középen), melynek eredménye a diffrakciós kép bizonyos régiójának elsötétítése (jobbra, logaritmikus skála)

### Csillagkeletkezés közel és távol

Az exobolygók tanulmányozása mellett azok kialakulásának közvetlen megfigyelése is fontos az univerzumban elfoglalt helyünk pontosabb megértésében. Ez azonban szorosan összefonódik a csillagkeletkezés fentebb már említett folyamatával, amit mindeddig csak saját galaxisunkban tudtuk részletesen vizsgálni. A csillagok fejlődését leíró elmélet azonban, amely egyébiránt a XX. sz. egyik legnagyobb asztrofizikai sikere, még továbbra sem tud számot adni teljes pontossággal a csillagok evolúciójának legelső szakaszairól.

Az egyik legfontosabb kérdés a csillagok tömegének megoszlását leíró függvény, annak eredete, a galaktikus környezet befolyása. Az ELT-k segítségével nemcsak a legközelebbi csillagkeletkezési régiókban tudjuk majd felmérni ezt az eloszlást, de a Tejútrendszer túlsó felében és a Magellán-felhőkben is megfigyelhetővé válnak a hidrogén égetésére éppen csak képes, legkisebb csillagok is. A Lokális csoport más csillagvárosaiban is

vizsgálható lesz, mi határozza meg a tömegeloszlást, s hogy a Földünk Napjához hasonló csillagok keletkezése valószínűbb-e egyes helyeken, mint mástutt.

### Csillagpopulációk elkülönítése más galaxisokban

A relatíve kisméretű csillagkeletkezési régiókban születő objektumok rokon kapcsolata egyértelmű, azonban ettől sokkal nagyobb, csak az egész galaxis méretskáláján felismerhető „nemzetségek” is kimutathatóak. A Galaxis vékony és vastag korongját, valamint a központi sűrűsödést és a laza halót alkotó populációk elkülönülése nemcsak tér- ill. mozgásbeli, hanem kor- és kémiai összetételben is tetten érhető. A kölcsönható galaxisok és a Tejútrendszer közeli, halvány kísértőinek felfedezése, majd azok mozgásának és belső dinamikájának vizsgálata alapján ma már tudjuk, hogy a galaxisok összeolvadása természetes része a Tejútrendszer és más csillagvárosok fejlődésének. A nagy fotometriai égboltfelmérő programok (pl. SDSS) valamint az egyre nagyobb számú csillagokra kiterjedő többobjektum-spektroszkópiai vizsgálatok egymás után mutatták ki saját Galaxisunk csillagáramlatait. Ezek a felfedezések a Lokális csoport más tagjaira is kitérnek az ELT-k megjelenésével. Egy 30 méteres teleszkóp a Centaurus A, a magjában nagy tömegű aktív fekete lyukat tartalmazó legközelebbi galaxis, esetében is vizsgálhatja a csillagpopulációkat és áramlatokat.

### A korai Univerzum ( $z > 7$ vöröseltolódás) építőkövei

A spirális szerkezetet mutató, nagy galaxisok kb. a  $z \sim 2$  vöröseltolódásnál jelennek meg. A HST segítségével megpillanthattuk már ezen jól strukturalított, kifejlődött állapotot megelőző kisebb építőelemeket, egészen  $z = 6$  távolságig (ami az ősrobbanás után 1 milliárd évnél felel meg, az Univerzum jelenlegi mintegy 14 milliárd éves korához képest). A galaxisok Hubble-féle osztályozásának jobb megértéséhez azonban elengedhetetlen a köztes tartomány galaxisainak részletes morfológiai vizsgálata.

A galaxisok eredetét azonban még ettől is távolabb kell keresni. Egyes elméletek szerint az ősrobbanást követő hirtelen tágulás a sötét anyag eloszlásában olyan apró fluktuációkat hagyott hátra, melyek erős gravitációs hatásuk révén magukhoz gyűjtötték a környező anyagot, létrehozva a mai csillagvárosok magjait. Mik is voltak az első, fényt kibocsátó objektumok, melyek az ősrobbanás után visszamaradt hideg neutrális gázt a ma is megfigyelhető „forró”, ionizált állapotba hozták, és egyáltalán átlátszóvá tették? A kérdésre a választ a  $7 < z < 17$  vöröseltolódású tartomány vizsgálata adja. Ez azonban még a 30 méteres távcsövek számára is igen kemény dió lesz.



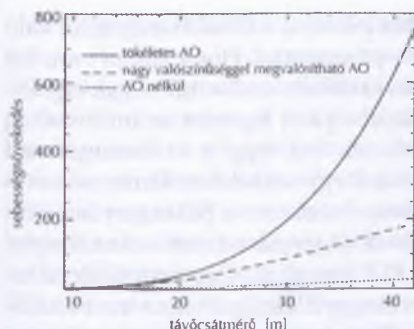
## 2.3 Van más megoldás?

A 8–10 méteres távcsövek megjelenése hatalmas lendületet adott a csillagászatnak. Azonban ne feledjük el, hogy a valóság ennél kissé árnyaltabb, hiszen az ugrásszerű fejlődés (nagy) részben az érzékelők forradalmának, a CCD-k elterjedésének is köszönhető (l. Fűrész G.: CCD kamerák a csillagászatban, Meteor csillagászati évkönyv 2002). A mai modern detektorok azonban közel 100%-os hatásfokot érnek el, így a következő minőségbeli ugrás csak a távcsőátmérő növelésével képzelhető el. Ez a lépés azonban értelemszerűen nem lesz akkora, mint amekkora a fotolemezekkel működő Palomar-távcsövet (1950) és a CCD-vel felszerelt Keck-teleszkópot (1992) elváltaszta. Ehhez a távcsőátmérő növekedési görbéje helyett egy, a detektor érzékenységét is magában foglaló összefüggést kellene követni, ami 2030-ra nem 20–30, de 100 méteres átmérőt vetít előre. Ez nyilvánvalóan nem fog megvalósulni, de jól mutatja, hogy a fejlődés fenntartása érdekében, s mint láttuk, más tudományterületek előrehaladása miatt is, szükség van az ELT-k építésére.

Természetesen bizonyos kutatási programok nem fognak azonnal átvándorolni a 8–10 méteres távcsövekről az új óriásokra, már csak azért sem, mert azokból nagy valószínűséggel csak egy vagy kettő épül meg az elkövetkező évtizedek során. Ezzel szemben öt 10 méteres (Keck I és II, GTC, HET, SALT), valamint kilenc 8 méteres (VLT 1-4, északi és déli Gemini, Subaru, két LBT) tükör szegeződik az éjszakai égboltra. De a megnövekedett határmagnitúdót és nagyobb felbontást igénylő megfigyeléseknek az ELT-knek kell otthont adniuk. Bizonyos régiók nem hódíthatók meg a meglévő távcsövek segítségével, még a több naposra elnyújtott expozíciók árán sem. Ugyanakkor hosszabb távú, nagy időlefedést igénylő adatsorok, vagy a műszer többszörözésével hatékonyabbá tehető (pl. többobjektum-spektroszkópiái) mérések továbbra is a mai óriások látóterében maradnak.

A teljesítőképesség egyfajta mérésére szolgálhat a „sebesség” definíciója, ami azt mutatja meg, mennyi időre van szükség egy adott objektumról bizonyos típusú mérés adott jel/zaj viszonyú elvégzésére. E paramétert különféle távcsőátmérőkre ábrázolva (3. ábra) látható, hogy az ELT-k igazi előnye csak a légköri hatásokat kompenzáló adaptív optika alkalmazása esetén jelentkezik. Nem véletlen tehát, hogy a technológiai kihívások közül ennek megoldására használják a legnagyobb erőforrásokat, s a távcsövek tervezését is nagy részben az AO-val kapcsolatos megfontolások irányítják. A sebesség növekedése azonban már a tökéletestől távol eső, de mai technológiával megvalósítható korrekciós rendszerek esetén is jelentős a





3. ábra. Egy adott tudományos program elvégzésének sebessége a távcsőátmérő függvényében, a közeli-infravörösben

videbb hullámhosszú oldalon, a helyzet nem egyértelmű, hiszen itt egyáltalán nem működnek a mai adaptív optikai rendszerek. Ez szintén a jelen 8–10 méteres műszereinek későbbi létjogosultságát támasztja alá. (Az adaptív optikáról a későbbiekben még részletesen szót ejtünk.)

Az ELT-k melletti legkézenfekvőbb érvelést a közelmúlt tudománytörténeti adatai szolgáltatják. A tudományos teljesítőképesség (hasznosság) egyik definíciója az adott távcsővel készült mérések alapján publikált cikkekre történő utalások, hivatkozások százalékos aránya. A Keck-teleszkóp 1992-es üzembe helyezése után e mutató messze az előző generációs, 4 méteres távcsövek fölé szökött. Hasonló ugrás várható az ELT-k esetében is. A Hubble-űrtávcső kirívó teljesítménye ne tévesszen meg senkit: igaz, hogy mintegy 50-szer annyi hivatkozást produkált, mint egy hasonló méretű (2,5 m) földi műszer, a HST költségei azonban 400-szor akkorák. Vagyis az ár/teljesítmény viszony tekintetében már nem oly meggyőző az űrtávcső fölénye. Márpedig az ár az egyik legfontosabb tényezője lesz a döntési folyamatnak.

## 2.4 Na jó, legyen! De mekkora?

Az elmúlt évtizedek tapasztalatai alapján a távcsövek költsége kb. az átmérő négyzetével növekszik. Az egységnyi befektetett pénzösszegre eső

közeli-infravörös tartományt (1,2 mikrométer) tekintve: az átmérő növekedési arányának harmadik hatványával emelkedik.<sup>1</sup> Vagyis egy 20 méteres távcső a mai 8 méteres műszerekhez képest  $(20/8)^3$ , azaz 15-ször gyorsabban végzi el ugyanazt a mérést, míg ugyanez a faktor 125-szörös 40 méteres főtükör esetén. A távolabbi infravörösben, ahol az adaptív optika tökéletessége kevésbé kritikus, az előny még nagyobb. Ugyanakkor az optikai tartományban, főleg a rö-

<sup>1</sup> Ez abban az esetben érvényes, ha a mérést a háttér fényessége limitálja, mint pl. az infravörös tartományt. Ekkor ugyanis a jobb, élesebb kép alkotása nemcsak az objektumról jövő fény koncentrációját növeli, de egyúttal csökkenti az adott objektumról gyűjtött fotonokhoz hozzákeveredett háttér mennyiségét is. Pontforrások esetén, ill. a zavaró égi háttér hiányában az előny a fénygyűjtő felülettel arányosan,  $D^2$ -tel nő.

„tudományos haszonnak” (l. HST előbbi példája) a főtükör méretétől való függését leíró görbe jellemezhető egy optimummal. Hogy ez hol van, azt sok tényező befolyásolhatja, mint a bevezetőben említettük. Csak egy aspektust kiragadva: amennyiben az ultraibolyától egészen az infravörösig próbálunk egy optikai rendszert optimalizálni, úgy a tudomány/forint arány sokkal alacsonyabb lehet, mintha csak egy szűkebb hullámhossztartományt választunk. A legkedvezőbb kompromisszum a pillanatnyilag elérhető technológiáktól is függ. Ezek fejlődését természetesen valamennyire előre lehet jelezni (és minden jelenlegi ELT terv pl. az adaptív optikák *várható* fejlődési ütemére épül!), ez azonban bizonytalanságot visz a tervezési folyamatba. S mivel csak a megépült távcső hoz tudományos hasznot, illetve a más kutatóprogramokkal történő optimális együttműködés bizonyos határidőket szab, ezért talán érthető az Európai Déli Observatórium (ESO) 100 méteres OWL (Overwhelmingly Large – felülmúlhatatlanul nagy, ill. owl – bagoly) teleszkóp terveinek pár évvel ezelőtti „lekicsinyítése” 42 méteres átmérőre.

Kétségtelen, hogy egy 100 méteres távcső többet tud nyújtani, de a bevezetés távcsőötörténeti leckéjéből még talán visszacsend a tapasztalat sugallta tanács: egy lépésben legfeljebb kétszeres átmérő-növekedést! Vagyis még nem jött el az ideje, hogy az éjszakai óriás bagoly kinyissa 100 méteres szemét.

### 3. Lehetőségek és kihívások

Annak érzékeltetéséhez, hogy miféle kihívásokat is jelent egy „nagyobb” távcső megépítése, érdemes bizonyos jellemző mérnöki (de hétköznapi jelentéssel és jelentőséggel is bíró) paraméterek skálázódási törvényeit áttekinteni. A részletesebb levezetés és képletek azt sugallják, hogy első közelítésben kezelhetünk egy távcsövet úgy, mint egy állandó keresztmetszetű rudat, melynek két végén lévő tömegpontok jelentik a tükröket. Ezen tömegpontokra ható gravitációs erő, s a rúd saját súlya a következő arányosságokat eredményezi az  $S$  skálázási tényező függvényében:

hossz.....	$S$
tömeg.....	$S^3$
saját súly alatti elhajlás.....	$S^2$
tükrök okozta elhajlás.....	$S$
merevség (szilárdság).....	$S$
szél okozta torzulás.....	$S$
sajátfrekvencia (rezonancia).....	$S^{-1}$

A megfigyelés hullámhossza azonban nem változik, vagyis az optika tökéletes képpalkotásához tartozó követelmények ugyanakkorák maradnak. Például egy szegmensekből álló tükrös elemeinek relatív pozícióját tekintve azokat 50 nanométernél pontosabban kell beállítani (a vizuális tartományban végzendő megfigyelésekhez), akár 10, akár 30 méteres távcső esetében. A szerkezeti elemek saját súlyuk alatti elhajlása ugyanakkor  $S$  négyzetével arányos, vagyis a 30 m-es távcső esetében majdnem 10-szer akkora eltéréseket kell az említett pontossággal kompenzálni.

Természetesen a fentiek csak konzervatív közelítések. A Keck-teleszkóp 250 tonna mozgó tömegéből ugyanis a 100 méteres Green Bank-i rádiótávcső tömegét 250 000 tonnára becsülhetnénk, holott a valós adat mindössze 800 tonna (bár a példa nem egészen jogos, hiszen egy rádiótávcső esetében a tükröző felület pontosságára vonatkozó követelmények jóval kevésbé szigorúak, mint optikai társaik esetében).

A tervezési folyamat során a távcső átmérője az egyik legfontosabb, minden más technikai, költségvetési aspektusra kiható paraméter. Ennek lerögzítése tehát a legelső lépések egyike kell hogy legyen, s ez az említett szempontok együttes figyelembevételét igényli. Mint korábban láttuk, a tudományos eredményesség, a „sebesség” is az átmérőtől függ: megvalósítható adaptív optika esetén kb.  $S^3$ -nal, tökéletes AO esetében pedig akár  $S^4$ -nel gyorsabban végezhető el adott, az égbolt háttérfényessége által limitált megfigyelés (l. 3. ábra).

Az átmérő rögzítése után a következő kérdés a főtükör elkészítésének módja (egy nagy, több nagyobb, sok apró szegmens) és az optikai elrendezés (szferikus vagy hiperbolikus főtükör, egy vagy több segédtükrös). Ezek után a hely kiválasztása fontos, hiszen ez sok paramétert meghatároz: mekkora az átlagos légköri nyugodtság, mekkora erejű szélre, szállókésekre kell számítani stb. Ezen kérdésekre adott válaszok befolyásolják a mechanika és a kupola tervezését. E ponton arra is választ kell adni, miként lehet az adaptív optikát beépíteni a távcsőbe, s az várhatóan miként fog majd teljesíteni. A válasz visszahat mind a hely kiválasztására, mind az optikai és mechanikai tervezésre. Az is kérdéses, szükséges-e a két tengely mentén történő mozgatás, vagy egyszerűbb, alternatív megoldás is szóba jöhet. A megfigyelési hullámhossztartomány és a látómező méretének tudományos igények által vezérelt meghatározása befolyásolja az optikai elrendezést, a helykiválasztást és az adaptív optika követelményeit. Nagyon sok tehát az összefonódás a kérdések között, és egyes paraméterek rögzítése sok más tényezőt befolyásol. Bizonyos technikai követelményeknek azonban nem lehet eleget tenni, s ez visszahatva az eredeti igény módosítását eredményezheti. Emiatt a tervezés többlépcsős, igen bonyolult, sok kutatót, mérnököt, vala-



mint gazdasági és ipari szakembereket igénylő folyamat. De nézzük a főbb lépéseket kicsit közelebbről!

### 3.1 Tükröm, tükröm, mondd meg nékem...

Alapvetően háromféle lehet egy nagy távcső felépítése: folytonosan kitöltött, egy apertúra; folytonosan kitöltött apertúrák közös mechanikán; egymástól független távcsövek csoportja.

A folytonos tükrök előnye, hogy a lehető legkisebb távcsőméretet eredményezik adott fénygyűjtőfelület esetében, s így általában a legolcsóbb megoldást kínálják. Emellett ezek érzékenysége a legnagyobb a halvány objektumok megfigyelését tekintve, s e megközelítés kínálja a legegyszerűbb műszerek építését és a lehető legnagyobb látómezőt. Ezért nem véletlen, hogy a jelenlegi ELT tervek mindegyike e kategóriába sorolható.

A Nagy Binokuláris Távcső (Large Binocular Telescope, LBT) talán a legismertebb a különálló apertúrákat egy mechanikai szerkezeten hordó távcsövek közül. E megoldás az egyedi tükrök felbontóképességénél apróbb részletek megfigyelését kínálja, annak árán, hogy a távcső és kupola mérete valamelyest megnövekszik. Ugyanakkor a diffrakciós kép (Airy- korong és gyűrűk) torzul, több fény jut a külső tartományokba, valamint az infravörös alkalmazások is behatároltak a műszer saját, kedvezőtlen eloszlású termális háttere miatt.

Független optikai távcsövek együttese (a rádiótávcsöveknél jól ismert elrendezés) értelemszerűen a felbontás növelésével kecsegtet, valamint azzal, hogy a több kisebb műszer megépítése egyszerűbb, valamint a sorozatgyártásból kifolyólag olcsóbb is. A fény koherens összegyűjtése azonban bonyolult és drága segédoptikákat igényel ezen interferometrikus rendszerek esetén, ráadásul az elérhető látómező igen kicsi. Mindezek ellenére van értelme e technikával foglalkozni az elérhető igen magas felbontás miatt (l. Keck és VLT interferométerek, IOTA, CHARA stb.), azonban a jövő óriástávcsöveihez vezető út nem ez, hanem az egy apertúrájú, folytonos tükrök építése, amely kétféle módon is lehetséges:

#### Egybeöntött tükrök

A jelen 8 méteres távcsöveinek mindegyike egyetlen darabból készült tükröt tartalmaz, a 10 méteres kategória azonban szegmenseket használ. Ez a kettősség is mutatja, hogy az egyben öntött üvegtükröknek felső méretkorlátja van. Az okok elsősorban az üvegkorong-készítés folyamatában és annak kellékeiben, valamint a tükrök kezelésében és szállításában keresendők. Először is az üvegyanyag megolvasztásához a tükrök végső átmérőjét

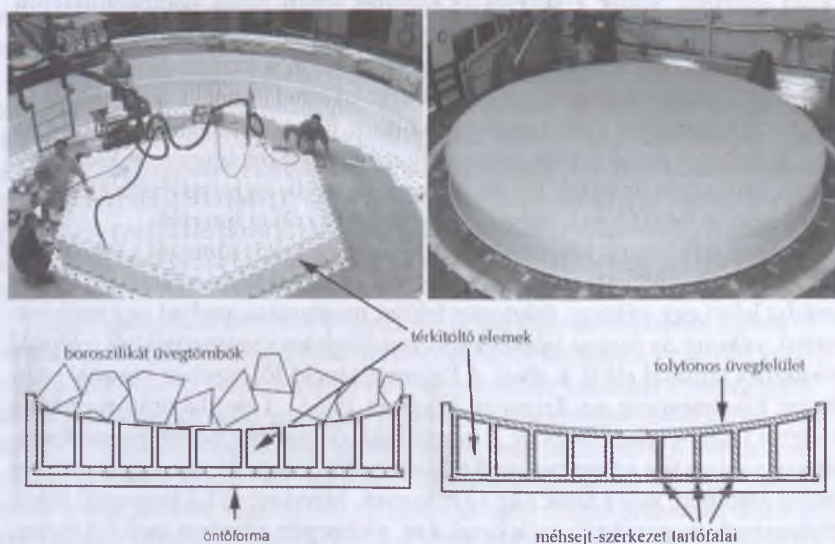


meghaladó méretű kemencére van szükség, s a jó minőségű, feszültségektől mentes, homogén belső szerkezet kialakulásához lassú hűtési folyamat vezet. Ennek időtartama és lépései (esetleges többszöri felmelegítés) a tükrök tömegétől függenek. A 8,5 méteres méret esetében ez kivitelezhető volt az 1990-es években, de még nagyobb tükrök esetén az infrastruktúra kiépítése igen költséges, habár nem lehetetlen. (Nem véletlen, hogy oly sok a 8 méteres távcső, se nem kisebb, se nem nagyobb...) Ugyanakkor az elkészült korongot az öntés után formálni kell, megfelelő alakra hozni (meniszkusz), majd csiszolni és polírozni. E lépések során a tükrök mozgatása, valamint a kész tükrök tesztelése és szállítása a mérettel egyre fokozódó nehézségeket támaszt. Míg az alakra hozást a kemence forgatásával elő lehet segíteni, s így a kemence bonyolultsága árán az eltávolított anyagon és a csiszolás idején lehet spórolni, addig a kezelés és szállítás során nincs kompromisszum. Húszméteres tükrökhöz legalább 21 méteres vákuumkamra kell a tükröző felület gőzöléséhez, s legalább 30 méteres kamion a szállításhoz. Valamint mintegy 25 méter széles út (még ha a burkolat lehet ennél kicsit keskenyebb is), hacsak nem élére állítva szállítják a tükröt. Ez azonban igen veszélyes, főleg 20 méteres darab esetén. Márpedig magas hegyek tetejére sokszor keskeny, kanyargós út vezet. Ennek ellenére az egyik legígéretesebb ELT terv, mint később látni fogjuk, mégis egybeöntött tükröket használ.

A nagy reflektorok készítésének titka, hogy a tükrök tömegét a lehető legkisebbre kell csökkenteni (ez a távcső szerkezetére is kedvezően hat). Ennek módja lehet egy vékony, folytonos felület megtartása, melyet egy méhsejtszerű, vékony de magas falakból álló, hatszögletes szegmensekből felépülő szerkezet támaszt alá (l. 4. ábra). A Palomar-távcső főtükréhez hasonló szerkezet tökéletesítése az Arizonai Egyetem (USA) Tükrölaboratóriumának (Mirror Lab) nevéhez fűződik. A boroszilikát (ismertebb néven pyrex) üveganyag vastagsága az egybefüggő felületen mindössze 25 mm egy 8 méteres tükrök esetében, míg a falak alig 12 mm-esek. Mivel egy  $f/1,2$  fényerejű tükrök peremének magassága a széleken 0,8 m, a közepén azonban csak 0,4 méter, ezért az öntőformához használt térkitöltő elemeket eleve ennek megfelelően készítik, és az azok tetejére egyenletesen felhalmozott üvegtömböket forgó kemencében olvasztják. A folyékonyvá vált üveg így kitölti a réseket, felülete pedig a forgás miatt felveszi a véglegeshez közeli parabolikus alakot. Az így elérhető tömegmegtakarítás akár 80%-os is lehet, vagyis az említett 8 méteres tükrök tömege alig 14 tonna, a tömör szerkezet 70 tonnájával szemben. Az MMT (6,5 m), a Magellán 1 és 2 (6,5 m) és az LBT (2x8,4 m) távcsövek tükrői mind így készültek.

A technika előnye, hogy a tükrök megtartja magát, saját súlya alatt nem deformálódik. Pusztán három ponton alátámasztva az optikai felület mind-

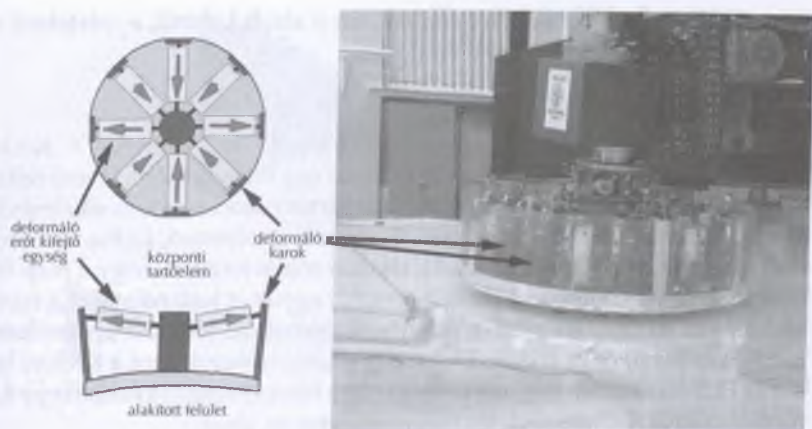
össze 400 nanométert torzul, ami nagyban csökkenthető többpontos statikus tartóelemek segítségével. Aktív tükörfelfüggesztés esetén pedig – amikor is a felület alakját optikai úton mérik, és annak alapján változtatják az alátámasztási pontokon kifejtett erő nagyságát – tökéletes alaktartás érhető el. Szintén pozitív tulajdonság az alapanyag olcsósága. Azonban, mint az 1. táblázatból kitűnik, a boroszilikát hőtágulási tényezője relatíve magas, vagyis az elkészített tükör hőmérsékletét folyamatosan szabályozni kell. A vékony szerkezeti egységek ugyanis többméteres méretben nem tűrik jól az egyenetlen tágulást. Ezért a méhsejtszerkezet celláin belül folyamatos légáramlatot kell fenntartani a hatékony hőmérséklet-kiegyenlítés céljából. Ha ezt mégsem sikerül elérni, úgy jobb esetben csak a képminőség romlik, de rosszabb esetben akár meg is repedhet a tükör felülete.



4. ábra. Egy 8,4 m-es méhsejtszerkezetű tükör öntőformájának előkészítése, illetve az elkészült optika (fent). Az alsó sematikus ábrák a tükör olvasztás előtti és utáni keresztmetszetét mutatják

A VLT (8,2 m), Subaru (8,3 m) és Gemini (8,1 m) távcsövek tükreinek készítése és használata elképzelhetetlen *aktív felfüggesztés* nélkül. Ezen optikai elemek vastagsága ugyanis alig 170 mm, ami majd' 50-szeres átmérő/vastagság arányt jelent, de cserében alig 23 tonnás tömeget.

Mesterséges kvarc esetében (Subaru, Gemini) kisebb, kb. 1,4 méteres hengereket öntenek majd szeletelnek fel és vágnak hatszögletű alakra. Ezeket



5. ábra Alakítható felületű polírozókorong működésének vázlata (felül és oldalnézetben), valamint egy ilyen szerszámot működés közben mutató fotó (jobbra)

szorosan egymás mellé helyezik egy sík lapra, majd hevítéssel egybeolvasztják a szegmenseket. A kihűlés után az elkészült vékony korongot áthelyezik egy, a tükör formájának megfelelően kialakított domború, parabolikus felületre. Újabb, kis mértékű hevítéssel a korongot rásimítják e formára, majd a hátsó felület egyenletesre munkálása után átfordítják a tükört, és megkezdődhet az optikai felület csiszolása. Üvegkerámia esetében (zerodur, pl. VLT) szintén a forgó kemencés módszert alkalmazzák, mivel a hevítési és hűtési ciklusok (valamint az üveghez kevert adalékok, pl. titán-dioxid, cink-dioxid) az anyagszerkezet kialakításában fontosak, és így nem használhatóak fel formálásra.

Ezeknek a vékony meniszkusztükröknek a csiszolása jelentősen eltér(het) a merev tartószerkezetet magukban foglaló társaikétól. Mindkét típus durva formálása és csiszolása nagy forgóasztalokon, számítógép vezérelte gyémántszerszámok, ill. különböző méretű csiszolókorongok segítségével történik. Az aszferikus felület végleges alakja és simasága azonban a polírozás során alakul ki. A tükör átmérőjénél sokkal kisebb polírozó korongnak viszont minden egyes pontban teljesen hozzá kell simulnia az optikai felülethez. Ezért vagy a szerszám alakját kell folytonosan változtatni (5. ábra), vagy a tükör alakját úgy deformálni, hogy változatlan eszközzel lehessen (gyakorlatilag csak gömbfelületet) polírozni. Méhsejtszerű tükrök esetén kizárólag az előbbi módszer jöhet szóba, míg a vékony meniszkusz-optikáknál az alak szabályozása eleve elengedhetetlen, bár nem kizárt a szerszám egyidejű formálása sem. Apróbb szeg-



mensekből álló tükrök esetén azonban, mint alább kiderül, egyértelmű a módszer kiválasztása.

### Szegmenstükrök

A kisebb, hatszögletes egységekből felépülő távcsőtükröt a Keck-teleszkópok tették híressé. Holott az ötlet, ha úgy tetszik, még a távcső feltalálását is jóval megelőzte. A Kr. e. 212-ben történt siracusai csata alkalmával ugyanis Arkhimédész javaslatára (a II. századi történetíró, Lukianosz szerint) a hellének úgy gyújtották fel a támadó római hajókat, hogy a Nap fényét több tükör (polírozott bronz pajzsok?) együttes használatával a fából készült vízi járművek egyetlen pontjára irányították. Jobban ellenőrizhető forrásokra hivatkozva is egészen 1932-ig sikerül visszavezetni a Keck és talán az ELT-k előtörténetét, amikor is az olasz Horn d'Arturo készített egy 1,5 méteres síktükröt, hatszögletes szegmensekből (6. ábra).

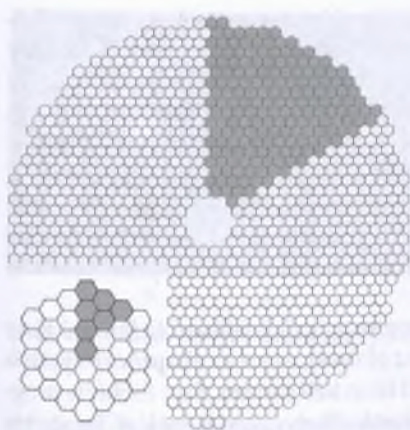
A legfontosabb előnye ennek a technikának, hogy természetéből adódóan skálázható a 30–50, sőt akár 100 méteres tartományig. Az optikai elemek kezelése, szállítása a kisebb méretekből adódóan sokkal egyszerűbb, ugyanakkor a gyártási folyamatra ez nem teljesen igaz. Amennyiben szferikus főtükör készítéséről van szó, úgy minden szegmens azonos. Emiatt a tesztelés és gyártási folyamat csak ismétlésre korlátozódik, ami a költségeket nagyban csökkenti. Továbbá elegendő néhány tartaléktükör készítése, de amint az optikai rendszerek tárgyalásánál látni fogjuk, a gömbtükör alkalmazása nagyban korlátozza a teljes rendszer minőségét, illetve növeli annak bonyolultságát.

Aszferikus szegmensek esetében azonban egy adott elem ismétlődési száma igen kicsi, mindössze 6 (7. ábra), s így az akár száznál is több különféle tükör mind saját gyártási és tesztelési eljárást követel. Ugyanakkor a már említett, magát a tükröt deformáló csiszolás/polírozás sokat segíthet. A gömbi eltérést nagyon jó közelítéssel leíró felületi függvény ugyanis egy asztigmatikus tag ( $C_{22}$ ) által dominált, amihez egy kómatorzítást leíró komponens társul (ezen optikai hibák felületi eltérésben, egyfajta domborzati térképként történő megjelenítését a 8.a. ábra mutatja). A  $C_{22}$  tag miatt egy



6. ábra. Az egyik legelső, szegmensekből álló tükör 1932-ből

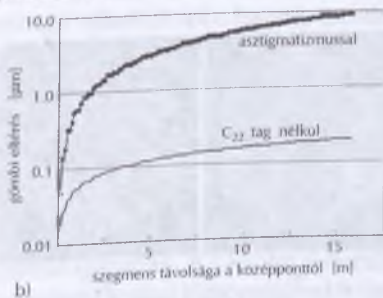
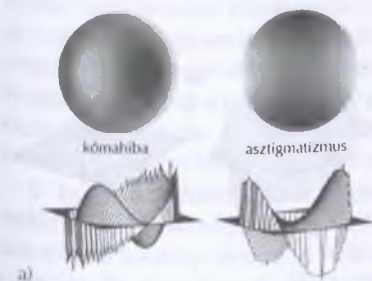




7. ábra. Egy 30 m-es tükrő eltérő egyedi szegmenseinek jelölése, összehasonlítva a Keck méretarányos optikájával

bességre gyorsítják, majd az időközben töltés-semlegesített nyalábot az optikai felületre vetítik. A becsapódó részecskék egyszerűen impulzusmomentumukat átadva a felszín atomjainak kilövik azokat. Tehát a megvilágítási idő és pozíció pontos, számítógépes szabályozása lehetővé teszi a felület nanométer pontosságú formálását. E módszert a Keck-teleszkóp főtükrének építőelemein sikerrel alkalmazták már a 90-es évek elején.

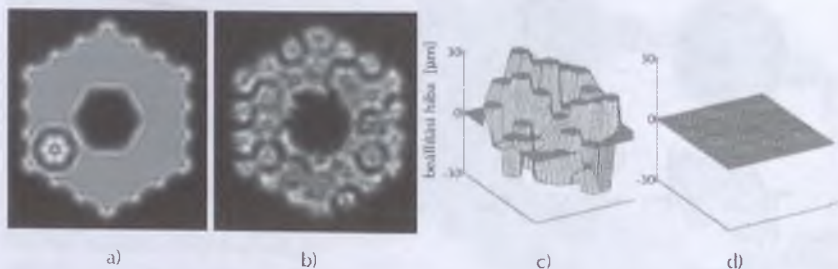
A szegmentükrök tervezésének és építésének fontos kérdése az önhasználó építőelemek optimális méretezése. A Keck tükrőegységei (36 db) pl. 1,8 méter átmérőjűek és 75 mm vastagok. Azonban korántsem biztos, hogy



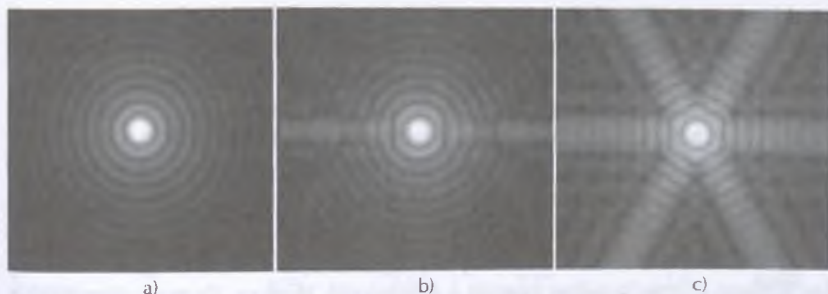
8. ábra (a) Asztigmatizmust és kómahibát okozó felületi eltérések; (b) A gömbi eltérés nagysága egy asztigmatikus tag ( $C_{22}$ ) levonása előtt és után, a főtükrő középpontjától való távolság függvényében ( $f/1$ -es fényerejű 30 m-es tükrő 1,2 m-es szegmenseinek esetében)

egy ELT-hez ez az optimális megoldás. Kisebb szegmensek ugyanis vékonyabbra készíthetők, s bár nő a tükörelemek  $N$  száma, de a főtükör össz tömege  $1/N$ -nel arányos (adott tartószerkezetet feltételezve). Pl. 25 m távcsőátmérőt és 756, egyenként 1 méteres elemet feltételezve a tükör üveganyagának 55 tonnás össz tömege az  $S^3$  tömegskalázási arányt meghazudtolva viszonyul a VLT (8 m, 23 tonna) és a Keck (10 m, 15 tonna) tükreihez. Az eltérő technológia miatt természetesen nem teljesen jogos az efféle összehasonlítás, de a példa jól mutatja azt, miként lehet apró kis trükkökkel legyőzni az ELT-k tervezésében rejlő, egyszerű fizikai törvényekből fakadó akadályokat.

A szegmenseket egymáshoz igen pontosan kell beállítani (a látható fény hullámhosszának töredéke lehet csak az eltérés), és ezt az állapotot folyamatosan, a távcső pozíciójától függetlenül fenn kell tartani. Erre többféle megoldás is kínálkozik. Az elsődleges az elemek elhelyezkedésének pl. kapacitív vagy mágneses szenzorokkal történő mérése. Ennek érdekében minden tükörszegmens peremén és sarkain megtalálható egy-egy érzékelő, olyan elrendezésben, hogy a szomszédos tükör egy jeladót tartalmazzon az adott elem érzékelőjével szemben. Az alkotott kép vizsgálatán alapuló mérések az adaptív optikában is használt módszerekkel egyeznek meg. Egy lehetséges megvalósítás semmiféle segédoptikát és referenciaforrást nem igényel a csillagfényen kívül, csak egy jó felbontású és érzékeny infravörös-kamerát. Ennek segítségével a fókuszponton belül és kívül készített felvételek összehasonlításából egy többlépcsős eljárással feltérképezhető a felszín, és kiszámolhatóak, valamint ellenőrizhetőek a szükséges korrekciók. A 9.a. ábra egy Keck szegmens, az amúgy ideálisan beállított tükörfelületből történő, mindössze 100 nm-es kiemelésének hatását mutatja a defokuszált felvételekből nyert képen. A tükrök beállítási folyamata előtti állapot, az annak



9. ábra. A Keck-teleszkóp egy tükörszegmensének 100 nm-rel történő elállítása is könnyen kimutatható (a), ám egy valós beállítás ettől sokkal összetettebb (b). A mért eltéréseket (c) alkalmazva azonban ugrásoktól mentes felület alakítható ki, alig 10 nm nagyságrendű lépcsőkkel (d).



10. ábra. Diffrakciós kép egy folytonos tükörfelületről (a), kítakarás (b) és hatszögletű szegmensekből álló tükör esetében (c)

megfelelő felületi térkép és a korrekciók után visszamaradó apró eltérések a 9. b, c és d ábrán láthatók.

Szegmenstükrök felhasználása, mint láttuk, igen biztató megoldásnak tűnik az ELT-k építését tekintve. Azonban a hatszögletű elemek között elkerülhetetlenül „tátongó” (legalábbis a fény hullámhosszát tekintve széles szakadéknak látszó) rések kedvezőtlen hatással vannak a képalkotásra. A jól ismert Airy-féle központi csúcsból és koncentrikus gyűrűkből álló diffrakciós kép ugyanis erősen torzul (10. ábra). A fura mintázat mellett a legzavaróbb, hogy az összegyűjtött fény jelentős hányada esik az elhajlási kép apró mintázatú, külső tartományaiba, csökkentve ezzel az alkotott kép kontrasztját.

Az egybeöntött tükrök a képalkotás szempontjából tehát nagyon előnyösek, de láttuk, hogy 20–30 m-es méretben történő elkészítésük (és szállításuk) problematikus. Nem beszélve arról az esetről, ha az elkészült távcső karbantartása során valaki mondjuk leejt egy villáskulcsot a kupola szerelése közben – szegmenstükör esetében a baleset viszonylag egyszerűen és olcsón javítható, egy vékony meniszkusz esetében viszont végzetes lehet... Felmerülhet tehát a kérdés, hogy esetleg más anyagok, technológiák választásával sem lehet-e folytonos felületű óriástükört készíteni, ami adott esetben nem is olyan törékeny, mert mondjuk fémből van.

S hogy az iménti, talán kissé humorosnak tetsző villáskulcskérdés mennyire kulcskérdés, s hogy a fémtükröknek igenis van létjogosultsága, azt több teleszkóp tervezési dokumentumai igazolják. A Gemini tervezői csoportja pl. éppen az üvegtükrökkel szembeni sokkal biztonságosabb kezelést és szállítást látta elegendően súlyos érvek arra, hogy komolyan foglalkozzanak egy 8 méteres alumíniumtükör kérdésével. A végső ok, amely miatt mégsem erre esett a választás, mindössze annak a hiánya volt, hogy



senki sem épített korábban egy legalább 4 m körüli fémtükrű távcsövet, aminek tapasztalataira alapozva kellően biztonságosnak mutatkozott volna a 8 méteres távcső kifejlesztése. Ugyanakkor 1969-ben Olaszországban átadtak egy 1,4 m átmérőjű fémtükrű távcsövet, ami talán sokak által teljesen ismeretlen tény. Mi több, az ESO a 80-as években a VLT-t előkészítő 3,5 m-es NTT (New Technology Telescope – Új Technológiájú Távcső) tervezése során behatóan vizsgálta az olasz műszer képalkotását, s azt a hasonló méretű üveg-tükrös műszerekkel teljesen egyenértékűnek találta.

Természetesen többekben még mindig ott bujkálhat a kétely, hiszen széles körben elterjedt nézet szerint a fémtükrök William Parsons (ismertebb nevén Lord Rosse) 1,8 méteres, a XIX. század közepén épített reflektorával már régen kimentek a „divatból”, az üvegalapú tükrök sokkal jobb képalkotása és hőtágulási tulajdonságai miatt. A fémtükrök visszatérésétől berzenkedőknek a távcsőszerelések történetét tudom érvként felhozni. Az annak idején elavultnak nyilvánított azimutális felállítást ugyan leváltották a „modern” parallaktikus, egytengelyes követést lehetővé tevő mechanikák, ám a mai teleszkópok mégis a régi mintát követik. Ennek oka, hogy a számítógépes vezérlés immár nem okoz gondot, s sokkal kisebb méretű távcsőmechanika készíthető a vízszintes-függőleges forgástengelyekre támaszkodva. S ha még ez sem volt meggyőző, akkor javasolom, tessék utánanézni miből is készültek az oly sikeres VLT segédtükrei. A válasz: fémből!

### Fémükrök

A „miért jók mégis a fémtükrök?” kérdésre igazából már az 1930-as években megadta a választ Couder és Makszutov, egymástól függetlenül. A korai fémtükrök gyártási technológiája ugyanis tökéletlen volt, azokban feszültségek, egyenetlenségek maradtak. Az általában jó hővezetési képesség pedig a környezet hőmérsékleti változásaira történő igen érzékeny reakciót jelent. Ez megnehezíti mind a tükrök készítését, mind pedig használatát. Ugyanakkor a megfelelően kezelt fémtükrök egyik nagy előnye pontosan a gyors hővezetésben rejlik, miszerint a környezeti változásokhoz az optika rövid időn belül és térfogatilag egy időben reagál. (Az üvegtükrök peremén gyorsabban végbemenő hűlés és ebből adódó torzítás az amatőr távcsőkészítők körében is ismert, s ez áll a háttérében annak a gyakorlati tanácsnak, miszerint egy tükröt inkább kissé alul kell korrigálni a polírozás során.) A hőtágulási, sűrűségi, rugalmassági tulajdonságok mellett a hővezetést is magában foglaló, a tükrőanyagot minősítő  $q$  mutató az 1. táblázatban látható, különböző üvegek és fémek egyéb tulajdonságaival együtt. Mivel  $q$  egyfajta hőmérsékleti változással szembeni érzéketlenségnek nevezhető, ezért a nagyobb érték jobb tükrőanyagot jelent.



## 1. táblázat

Tükrökészítéshez felhasznált anyagok tulajdonságai

Anyag	sűrűség (kg/m <sup>3</sup> )	hőtágulás tényező (10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup> )	hővezetési tényező (W/mK)	mechanikai szilárdság (10 <sup>7</sup> J/kg)	q (relatív)
zerodur	2,52	0,05	1,63	3,6	1,000
kvarc (mesterséges)	2,20	0,40	1,38	3,2	0,126
pyrex	2,23	3,30	1,17	2,8	0,012
BK7	2,51	8,30	1,11	3,2	0,004
alumínium (tisztá)	2,70	23,80	221,00	2,6	0,237
invar (36% Ni)	8,13	1,20	13,00	1,7	0,170
berillium (tisztá)	1,84	12,00	162,00	16,3	0,465
szilícium-karbid	3,21	2,10	193,00	14,5	2,540

Mint látható, a fémeknek, különösen az alumíniumnak és berilliumnak, igen jók a termális ill.  $q$  faktoraik az üvegyanyagokhoz képest. A magas mechanikai szilárdság és kis sűrűség nagyon könnyű szerkezetű, de mégis merev tükrök készítését teszi lehetővé, s ez pl. űrtávcsövek készítésénél igen fontos szempont, mely gyakran a magas árat (berillium) is háttérbe helyezi.

Természetesen a fémoptikáknak negatív tulajdonságai is vannak. Az igen drága berillium ráadásként még mérgező is, ha apró szemcséi a tüdőbe jutnak, az végzetes lehet. Márpedig a megmunkálás szükségszerűen porkepződéssel jár. Ugyanakkor a sok folyadékot használó polírozás szinte teljesen veszélytelen folyamat. Az alumínium esetében viszont éppen itt jelentkezik a legnagyobb technikai probléma. A viszonylag puha fém ugyanis igen könnyen karcolódik, s hagyományos technikát alkalmazva nem lehet elérni a polírozott üvegyanyag 0,2 nm-nél is kisebb érdességét. Különleges, gyémántszerszámot használó, nagy pontosságú optikai megmunkálással (fémek esztérgálásához, ill. marásához hasonlóan) ugyan a közeli-infravörös tartományban teljesen simának tűnő felület alakítható ki, a látható tartomány azonban ennél is egyenletesebb felületet kíván. Ez csak úgy érhető el, ha a felületet polírozás előtt egy nagyon vékony nikkel- vagy krómréteggel látják el, melynek keménysége az üveghez hasonló felület elérését teszi lehetővé. A két fém hőtágulási tényezője azonban jelentősen eltér, s nagy hőmérséklet-különbségek hatására a sima felszíni réteg torzul, megrepedezik, esetleg le is válik. A NASA azonban erre a problémára is ta-

lált egy – talán meglepő – megoldást: a tiszta alumíniumból készült tükröt tintával polírozzák.

Az összességében kedvező kép alapján egyáltalán nem lenne meglepő, ha hamarosan feltűnnének az alumíniumtükrök, akár az ELT-kben is. Az NTT építése során az ESO kapott olyan árajánlatot 3,5 m-es tükör alumíniumból történő elkészítésére, amely a végül elkészült zerodur változathoz képest harmadannyiba került volna és feleannyi idő alatt készült volna el (beleértve a nikkelréteg felvitelét és a polírozást is). Az akkori döntés az üvegkerámia mellett nem technikai volt, pusztán amiatt történt, mert az üvegkorongot a program nagyon korai szakaszában megrendelték. Ha az NTT főtükre mégis alumíniumból készült volna, akkor ma talán egészen másként festene az óriástávcsövek világa (l. Gemini) s az ELT-k története. Ennek a fémesen csillogó jövőképnek lehet talán egyik fontos eleme az 1. táblázat utolsó sorában megjelenő szilícium-karbid, mely a VLT segédtükrének tervezésekor a végül választott berillium igen komoly versenytársa volt. De említhetnénk a különféle kompozit anyagokat, pl. szénszálas erősítésű műanyagok egyedi, vagy zerodurral kombinált alkalmazását, mely egyébként a SOFIA (l. Szatmáry K. – Szabados L.: Űrtávcsövek c. cikkét) egyes elemeiben már testet is öltött.

### **Tükröző rétegek**

Visszatérve a fémekhez, fontos kiemelni, hogy azok az üvegtükrök elengedhetetlen elemei egyébként is. Nemcsak a tartószerkezet, a távcső mechanikája miatt, hanem optikai értelemben is. A reflektorok fényvisszaverő felületét ugyanis vékony fémréteggel vonják be. Ez legtöbbször alumínium, azonban pl. az ezüst sokkal jobb reflexióképességű a látható kékes-zöld tartománytól (400 nm) kezdve az infravörösig. Ugyanakkor az ezüst a közeli ultraibolyában (320 nm) szinte teljesen elnyel – ugye még emlékszünk valamennyire a CCD-ket megelőző, ezüst-halogenid alapú fotoemulziók kékérzékenységére... Az alumínium, ezüst, arany és egy speciális ezüstalapú (Gemini) tükröző réteg fényvisszaverő képessége a hullámhossz függvényében egy felületre nézve kis mértékben különbözik. Azonban három, de különösen öt tükröző felület esetében az egyszerű alumínium és a speciális réteg között is igen nagy az eltérés.

De nemcsak a fényvisszaverő képesség jellemez egy bevonatot, hanem az is, hogy mennyire időtálló. Sajnos az ezüst igen gyorsan elveszíti előnyeit az oxidáció miatt, s alumínium esetében is szükség van valamilyen védőrétegre. Ez nemcsak kémiai, hanem mechanikai célokat is szolgál, lehetővé teszi a tükör tisztítását. A halmozódó rétegek azonban ronthatnak, ám bizonyos kombinációkban jelentősen javíthatnak is a tükrök tulajdonsága-

in. A „Gemini” egy összetett, króm/ezüst/króm/szilícium-nitrát rétegekből felépülő bevonat, mely a tapasztalatok szerint ellenáll a körütekintő tisztításnak és az idő múlásának (mintegy két éves skálán).

A távcsövek fénygyűjtő képességének maximalizálása érdekében a tükröző rétegek újbóli felvitele (gőzölése) elengedhetetlen. Egybeöntött nagy tükrök esetében ez igen körülményes lehet, hiszen az átmérővel egyező nagyságú vákuumkamrára van szükség, s oda át kell emelni az optikát, ami nem veszélytelen. Vagy ahogyan az több távcsőnél már ma is gyakorlat (MMT, LBT), a kisebb segédtükröt távolítják el a távcsőről, és a tükrök cellája maga szolgál a kamra oldalaként és aljaként. Ehhez egy vákuumzáró fedelet illesztenek a távcsőre, miközben a tükrök függőlegesen áll, s így lesz a horizontra néző teleszkópból egy nagy vákuumkamra. A bizonyos esetekben 100 nm-nél is vékonyabb rétegek egyenletes, pontosan meghatározott vastagságban történő felvitele azonban nem egyszerű. (Egy 8 méteres tükrök 50 m<sup>2</sup>-es kisebb lakás alapterületével megegyező felületén elosztva ez mindössze 50 g ezüstnek felel meg.) Egy 25 méteres szegmenstükrű ELT esetén pedig szinte minden nap folyamatosan 2–3 elem újragőzölése szükséges ahhoz, hogy egy év alatt teljesen megújuljon a fényvisszaverő réteg. Egy ilyen ciklus befejezésével azonban gyakorlatilag újra is kezdődhet a folyamat, vagyis a tükrögőzölés rendszeres, mindennapos tevékenység – hacsak nem sikerül több évig a minőségét nagymértékben megőrző rétegeket kifejleszteni.

Fontos megemlíteni, hogy a jobb hatásfokú tükröző réteg miatt csökken a tükrök által kibocsátott termális sugárzás is, ami az infravörösben végzett megfigyeléseknél igen fontos. Bizonyos hullámhosszakra nézve emiatt a Gemini esetében a speciális réteg segítségével elért, a korábbi 4%-os tükrőhőmérsékleti háttér 2%-osra csökkentése gyakorlatilag egyenértékű a tükrőátmérő 8 m-ről 11 m-re történő növelésével! Ebből a megfogalmazásból talán világosan látszik, miért is olyan fontos az optimális tükröző réteg (és a fémek szerepe), másrészt kitűnik, hogy mennyire fontos a távcső optikai rendszere, s hogy milyen műszerekkel történő megfigyelésre optimalizáljuk a teleszkóp egyes részeit.

### 3.2 Optikai elrendezés

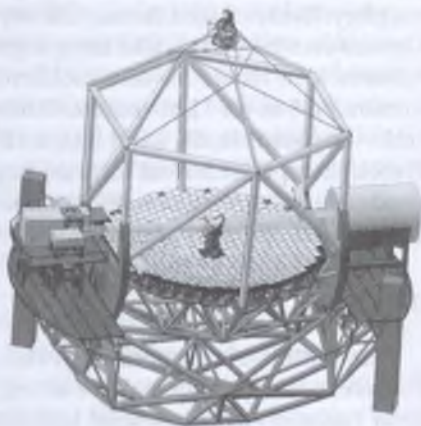
Mint láttuk, a szegmensekből álló szferikus főtükrök előnye az elemek felcserélhetősége, ugyanakkor az aszferikus optika építőelemei is majdnem hasonló egyszerűséggel legyárthatóak. A képalkotást azonban nagyon hátrányosan érinti egy gömbtükrök, s emiatt szinte minden jelenlegi ELT terv aszferikus fő- és segédtükrökre alapul. Nem lehetetlen ugyan a



szferikus optika hibáit további tükrökkel, ill. közvetlenül az egyes műszerek előtt elhelyezett lencsékkel korrigálni. Azonban így csak kisebb látómező érhető el, s mint az imént említettük, a sok tükröfelület komolyan rontja a fényhasznosítást.

Ugyanakkor a hagyományos kéttükrű, aszferikus rendszerekkel (homorú–domború fő- és segédtükör: Cassegrain vagy Ritchey–Chrétien; homorú–homorú: Gregory) szemben a többtükrös elrendezéseknek vannak előnyei is. A látómező ugyanis kéttükrös rendszerek esetében görbült, s legfeljebb csak 5–10 ívpercre korrigált további segédoptikák nélkül. E hibák és a síktól való eltérés nagyobb méretű detektorok esetében zavaró lehet. Az akár 3–4 m sugarú képgörbület három aszferikus tükrrel mintegy tizedére csökkenthető, azaz gyakorlatilag teljesen síkká változtatható. A fő előny azonban az, hogy a képalkotás egészen 20 ívpercig majdhogynem tökéletesre korrigálható lencsék alkalmazása nélkül. Egy 25 m-es,  $f/12$  fényerejű távcső esetében ekkora látómező javítása 2 m-es lencséket igényelne, amik elkészítése egyelőre meghaladja a lehetőségeket. A háromtükrös megoldás viszont további két sík segédtükört igényel.

A főtükrör furatán áthaladó fény Cassegrain-fókuszba történő leképezése mellett egy sík segédtükör is gyakran szerepel az optikai leírásban, amely a távcső optikai tengelyére merőlegesen téríti el a fényt (Nasmyth-elrendezés). Ennek jelentősége abban áll, hogy e tükrör forgatásával a fotonok különféle műszerekbe terelhetők, a várhatóan nagy és érzékeny mérőberendezések elmozdítása nélkül. Szegmenstükrök esetén ez az eltérítő elem a főtükrör szintje fölött található, s az ún. Nasmyth-platformon elhelyezett műszerekbe vetíti a fényt (11. ábra). A megoldás előnye, hogy a műszerek az egész távcső szerkezetével együtt, egy függőleges tengely körül forognak. Ugyanakkor az objektumok látszó égi mozgását követően a látómező elfordul az azimutális távcsőmechanikák esetében, ezért egy harmadik tengely menti követésre is szükség van. Ezt vagy az adott műszer horizontális tengely körüli forgatásával, vagy valamilyen optikai segédeszközzel lehet megoldani.



11. ábra. Nasmyth-platform és a rajta elhelyezett műszerek (TMT)



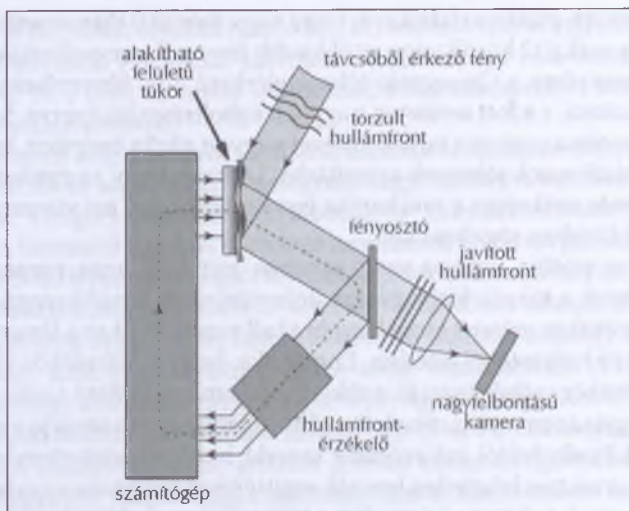
A Nasmyth-platform hátránya, hogy nagy mértékű fókusznyújtást követel meg, s csak  $f/12$  körüli vagy attól kisebb fényerők megvalósítása lehetséges. Amennyiben a Cassegrain-fókusz elérhető, úgy fényerősebb műszert lehet készíteni, s adott területen nagyobb égboltrészt leképezni. Szegmens-tükrök esetén azonban a tartószerkezet nagyon sűrűn beépített, így csak az oldalsó platformok jöhetnek számításba. Látható, hogy az optikai elrendezés ismerete szükséges a mechanika tervezéséhez, így azt viszonylag korai tervezési fázisban rögzíteni kell.

Nem az optika határoz meg azonban mindent, más paraméterek is visszahatnak a tükrök kialakítására. Infravörösben történő megfigyeléseknél a segédtükrő méretét kicsit kisebbre kell venni, mint az a fényerőből és a segédtükrő helyzetéből adódna. Ennek oka, hogy a szándékos vignettálás miatt a főtükrő szélső részei ill. a tükrőtartó nem lesz látható a műszerek számára, vagyis azon meleg részek termális sugárzása nem zavarja a megfigyeléseket. Ultraibolyától infravörösig terjedő hullámhossztartomány esetén pedig a korrektort lehetetlen lencsék segítségével készíteni, vagyis ha széles hullámhossz-lefedettség kívánatos, a többtükrű megoldások sokkal kedvezőbbek lehetnek.

Másik igen fontos, az optika tervezését befolyásoló kérdés az adaptív optika közvetlen beépítése a távcső főbb elemeibe (segédtükrő), illetve optimális működésének biztosítása. Ez azonban már egy másik témakör.

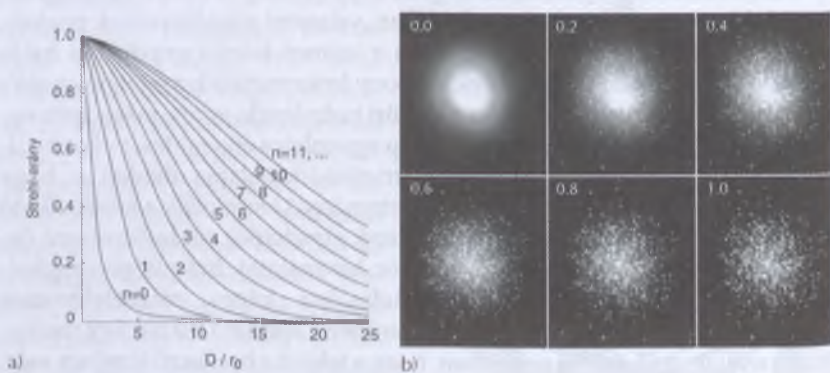
### 3.3 Adaptív optika

Mindenekelőtt szögezzük le, hogy az aktív és adaptív optika nem ugyanaz a dolog. A távcső főtükrének alakjában, valamint segédtükrének pozíciójában – a mechanika mozgatása során a változó irányú gravitációs hatás miatt – torzulások lépnek fel. Ezek alacsony frekvenciájú korrigálása az *aktív optika* feladata. Az adaptív optika a légköri turbulencia gyors, másodpercenként akár 100-szor is változó, az éles kép egyenletes elkenődését okozó változások javítására hivatott. A képek korrigálásának alapja röviden az, hogy a fény egy részét (általában a látható tartományt) kicsatolják a képet alkotó fényútból, s megméri a távcsőhöz érkező, elméletileg sík hullámfront deformációját (pl. Shack–Hartman-szenzor használata). Számítógép segítségével egy nagyon finom elmozdulásokra képes piezoelektromos tartórendszeren elhelyezett vékony, könnyen hajlítható tükröt úgy torzítanak a nyaláb egy későbbi pontjában, hogy a felület a beérkező fényben mért eltérésekkel ellentétes fázist mutasson. Ezáltal a sík hullámfront és a távcső éles, légköri elmosódásoktól szinte teljesen mentes képe rekonstruálható (12. ábra).



12. ábra. Az adaptív optika működési elve

Az adaptív optika teljesítőképességét az elérhető Strehl-arány értékével adják meg. Ez nem más, mint az adott optikai rendszer (valós kitakarás, tükröszegmentáció stb.) légkör nélkül elméletileg elérhető diffrakciós képének középontjában mérhető intenzitás viszonyulása a valóságban mért fényességhez. Tökéletes optika esetén 1,0 a Strehl-arány, míg a 0,8 érték az



13. ábra. Az elérhető maximális Strehl-arány a távcsőátmérő turbulens cellákhoz viszonyított méreteinek függvényében, különböző rendű korrekciók esetén (a). A jobb oldali képsor (b) a Strehl-arány változását szemlélteti egy szimulált gömbhalmaz esetében.

ideális hullámfronttól való eltérés tekintetében  $\lambda/14$ -nél kisebb mértéket jelent. Ezt a kritériumot kvázi-tökéletesnek, vagy diffrakció-limitálnak is nevezik.

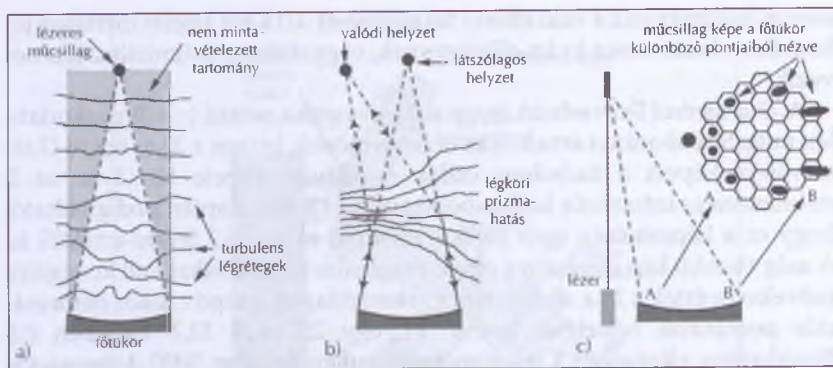
A 13.a. ábráról leolvasható, hogy adaptív optika nélkül ( $n=0$ ) gyakorlatilag nulla Strehl-arányt érnek el az óriástávcsövek, hiszen a 25 m feletti  $D$  átmérőhöz képest a turbulens cellák  $r_0$  átlagos mérete kb. 1 m az 5 mikrométeres infravörös hullámhosszon. A 13.b ábra alapján pedig látható, hogy ez a képminőség igen messze elmarad akár a 0,2 Strehl-értéktől is. A még élesebb kép eléréséhez egyre magasabb fokú hibákat kell korrigálni (növekvő  $n$  érték a 13.a. ábrán), ami gyakorlatilag az adaptív tükör deformációs pontjainak növelését jelenti. Pl. egy 25 m-es ELT esetében 0,5 Strehl-arány eléréséhez 1 mikrométeres hullámhosszon 5000 deformációs pont szükséges (valamint többpontos mintavételezés, ún. MCAO, l. alább).

Hogy jobban megértsük, miféle feladatot is jelent az adaptív optika óriástávcsöveken történő alkalmazása, röviden tekintsük át az ide vonatkozó skálázási törvényeket:

- a turbulens cellák átlagos  $r_0$  mérete  $\lambda^{6/5}$ -nel arányos (de valamelyest függ az obszervatórium helyétől is), tehát rövidebb hullámhosszakon nehezebb adott Strehl-arány elérése (l. 13.a ábra),
- a deformációs pontok  $N_{\text{def}}$  száma a  $D$  átmérő és  $\lambda$  hullámhossz tekintetében  $D^2\lambda^{-12/5}$ -nel arányos, vagyis kétszeres távcsőátmérő esetén négyszer annyi adaptív alátámasztási pont szükséges, illetve a megfigyelési hullámhossz felezése ezzel majdnem egyenértékű hatású (e két törvényből is látszik, miért olyan nehéz a vizuális tartományban működő adaptív optikát készíteni),
- a légkör változásainak  $t_0$  időállandója az  $r_0$  és a légköri áramlások  $v_{\text{szél}}$  sebességének hányadosával ( $r_0/v_{\text{szél}}$ ), vagyis  $\lambda^{6/5}$ -nel arányos. Rövidebb hullámhosszakon, illetve rosszul tervezett kupola által keltett nagy turbulenciák esetén sokkal rosszabb a helyzet,
- a hullámfront mérésének és az adaptív tükör deformálásának számításai teljesítménye  $N_{\text{def}}^{2/3}/t_0$ -al arányos, ami  $D^4\lambda^{-18/5}$  alakban is írható. Tehát kétszeres átmérő esetében 16-szorosra (!), felére csökkentett megfigyelési hullámhossz mellett 12-szeresére nő a számítási igény.

A hullámfront torzulásának mérésére egy fényes csillagra van szükség a megfigyelni kívánt objektumhoz közel. Bármennyire sok csillag is van az égen, az adaptív optika számára megfelelő objektumokból soha nincs elegendő. E probléma megoldására fejlesztették ki a nagyteljesítményű lézereket a légkör adott pontjára fókuszáló műcsillagokat (Laser Guide Star, LGS),





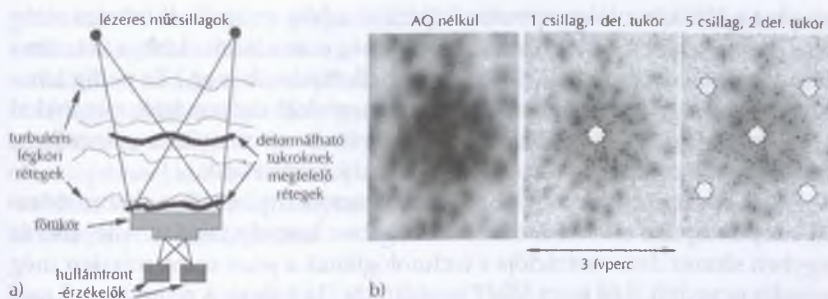
14. ábra. Egyedi lézeres műcsillag problémái: (a) a légkör csak egy részének mintavételezése; (b) érzéketlenség a légköri refrakcióra, a valós csillagok ide-oda mozgására; (c) parallaxis-hiba: a nagy átmérőjű tükrök széle „rálát” a lézer által gerjesztett henger alakú térfogatra

amelyek vagy az alacsonyabb (10–20 km) és sűrűbb légkörben fellépő Rayleigh-szórást, vagy a kb. 90 km-es magasságban található nátriumréteg gerjesztését használják ki. Előbbi előnye, hogy közelsége miatt sokkal fényesebb. Ugyanakkor éppen e közelség okán nem szolgáltat információt az égi objektumok fényét érő minden torzító hatásról (l. 14.a ábra). A magasabban fekvő nátriumréteg ugyan nagyobb térfogatban (bár jóval kisebb jel/zaj viszonytal) mintavételez, de sajnos e módszer sem képes az elsőrendű, egyszerű iránybeli változás kimutatására. Ennek oka, hogy a fény a távcsőből indulva kétszer járja meg a légkörben az utat, s az atmoszféra prizmaszerű hatása a két út mentén kiejti egymást (14.b ábra). A tökéletes elsőrendű korrekcióhoz tehát egy természetes vezetőcsillagra (Natural Guide Star, NGS) is szükség van, ami megoldja ezt a problémát.

A lézeres műcsillag további komplikációkat is jelent, természetes társaival ellentétben ugyanis nem ideális pontforrásról van szó: a légkörben egy kisebb henger alakú térfogatban keletkezik a sugárzás, ami az ELT-k főtükreinek pereméről már láthatóan elnyúlt, s csak a lézer felbocsátási pontjának közeléből nézve pontszerű (14.c ábra).

Visszatérve a 14.a ábra problémájához belátható, hogy az hatványozottan jelentkezik nagy látómezők esetében. A megnövekedett légtérfogatot optimális esetben többszörösen kell mintavételezni (15. ábra). Ez az ún. többszörösen összekapcsolt adaptív optika (Multi Conjugate Adaptive Optics, MCAO) még gyerekcipőben jár, de az ELT tervek feltételezik, hogy az óriástávcsövek átadásakor már rutinszerűen működni fog. Az első megvalósítás várhatóan nem is a teljes látómező folytonos korrigálása lesz, hanem több,

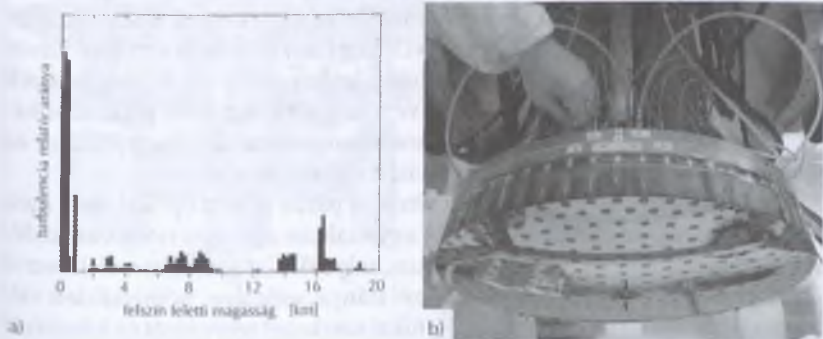




15. ábra. Többpontos adaptív optika (MCAO) működésének vázlatja, valamint várható teljesítményének összehasonlítása egyedi lézercsillag alkalmazásával.

kisebb rész-látómező egymástól független javítása. Ez azonban kisebb egyedi képkötő elemek vagy összevont látómezőjű spektrográfok (l. Fűrész G.: A csillagászati spektroszkópia eszközei, Meteor csillagászati évkönyv 2007) segítségével optimálisan kihasználható.

Felvéve az optikai rendszerek tárgyalásakor elejtett szót, az adaptív optika és a távcsövek tervezésének összefonódását, ejtsünk pár szót az ún. felszíni rétegről (Ground Layer Adaptive Optics, GLAO). Légkör-tomográfiai mérések arra utalnak, hogy a torzítások nagy része az atmoszféra legalsó, a felszín fölött néhány száz méterrel húzódó rétegében keletkezik (16.a ábra) Bizonyos optikai rendszereknél ez a távolság megfeleltethető a segédtükör pozíciójának. Arról van szó, hogy a Gregory-rendszer homorú segédtükre a főtükör fókuszánál távolabb helyezkedik el, s míg a végtelenbe található for-



16. ábra. A képkötést rontó turbulencia aránya különböző felszín feletti magasságokban (a), illetve a felszíni rétegnek megfeleltethető, deformálható segédtükör (b). A fényviisszaverő réteg hiányában még jól láthatóak a deformációs pontok.

rásokat a főtükör a fókuszpontba képezi le, addig az említett felszíni réteg éles képe a segédtükörön rajzolódik ki. (A még ennél is közelebb, a kétszeres fókuszba helyezett tárgy képe önmaga mellett jelenik meg.) Ez pedig lehetővé teszi, hogy a segédtükört ellátva a megfelelő deformációs pontokkal (16.b ábra) a légkör elmosó hatásának nagy részét már magában a távcsőben, további optikai elemek felhasználása nélkül kijavíthassuk.

Az ELT-k segédtükre a néhány méteres tartományba esik, s ekkora méretű adaptív optika elkészítése már önmagában komoly feladat. A legelső és egyben sikeres demonstrációja e technológiának a jelen sorok írásakor még mindig egyedüli, 0,64 m-es MMT segédtükör (16.b ábra). A mindössze 2 mm vastagságú üveglemeznek 336 deformációs pontja van, s „bekapcsolt” állapotában mintegy 30 mikrométerrel emelkedik el a nyugalmi referencia-felülettől, hogy elegendő mozgástér keletkezzék a korrekciókhoz. A deformáló elemeknek pedig mintegy 10 nm-es pontosság mellett mozgatniuk kell tudni a tükröt, aminek tömegét emiatt a lehető legnagyobb mértékben csökkenteni kell. Viszont a nagyfrekvenciás, másodpercenként akár több száz (500 Hz) deformációt az üveglemeznek sérüléstől és a referenciához mért elcsúszástól mentesen kell teljesítenie. Emiatt a nagyobb szilárdságú szilícium-karbid talán megkönnyíti az ELT-k hasonló funkciót betöltő, méteres segédtükreinek elkészítését.

### 3.4 Helyszín

E kérdésre is viszonylag korán kell megadni a választ, hiszen sok tervezési paraméter függ a helyszíntől. Az adott talajszerkezet meghatározza, hogy milyen alapozás szükséges a távcső illetve a kupola számára. E tekintetben az is fontos, hogy mekkora az esetleges földrengések valószínűsége. A lehetőség komolyságát mutatja, hogy a Keck és a Hawaii-szigeteken lévő szinte minden teleszkóp 2006 őszén több hétig leállt egy 6,7-es erősségű közeli földrengés hatására. Szerencsére, illetve a megfelelő tervezésnek köszönhetően semmi és senki sem sérült meg komolyabb mértékben, ugyanakkor az újbóli pólusra állás csak egy volt a javítási munkálatokból.

Mint láttuk a GLAO és a felszíni réteggel párba állított optikai elem igen kecsegtető adaptív optikai megoldás, ugyanakkor a felszíni réteg viselkedése nagyban függ(het) az obszervatórium helyétől. Ezt azonban csak hosszas mérések alapján lehet megismerni (szél iránya, erőssége, hőmérsékleti változások), mely eredmények a mechanikai szerkezet tervezését és készítését is befolyásolják. Emellett természetesen fontos a légkör felsőbb rétegeinek hatása és összetétele is: mennyi a derült idő aránya; mekkora az átlagos légköri nyugaltság (seeing); mennyi a légkör infravörös sugárzást elnyelő víz-

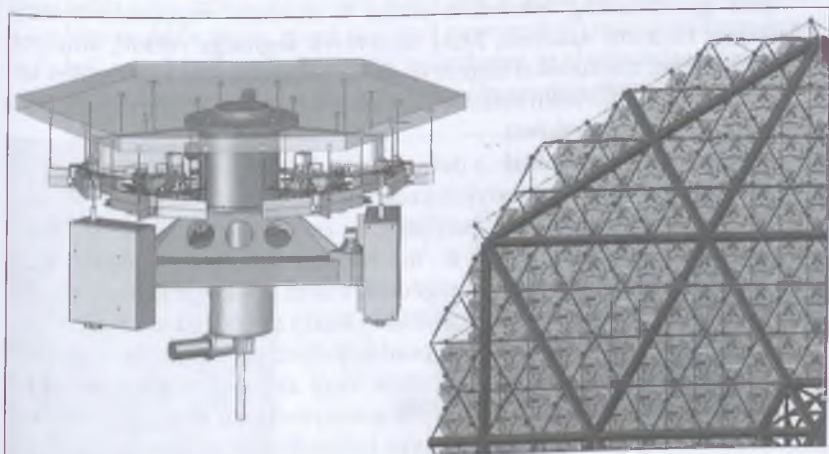
gőztartalma; mekkora a magasléggöri aeroszol mennyisége; mennyi por száll a levegőben és rakódik-e le idővel az optikai és egyéb elemeken; és természetesen minden paraméter szezonális eloszlása is az érdeklődés tárgya.

A logisztikai szempontok sem elhanyagolhatóak: van-e kiépített infrastruktúra az adott helyen, esetleg annak közelében, vagy mindent az elejéről, útépítéssel kell-e kezdeni. Ez az összköltséget is befolyásolhatja, illetve fordítva, egy már ismert helyszín és annak meglévő erőforrásai fontos érv lehet a hely kiválasztásában.

### 3.5 Mechanika

A mechanikával szembeni elsődleges követelmény, hogy az optikai elemeket egymáshoz képest változatlan pozícióban tartsa. Ennek megoldása a gravitáció irányának változása mellett (teleszkóp szabad mozgatása) nem egyszerű, s éppen ezért bizonyos távcsövek (Hobby-Eberly Telescope, HET; South African Large Telescope, SALT) meg is elégszenek egy függőleges tengely körüli forgatással, s objektumkövetésként a segédtükör, illetve a műszerek kisebb mértékű mozgatását használják. Ez azonban lecsökkenti a megfigyelhető égboltterületet, illetve a képminőség bizonyos mértékű romlásával jár. A jelenlegi ELT tervek egyike sem követi ezt a kissé kényelmesnek tűnő, bár köztudottan jelentős költségmegtakarításhoz vezető utat.

Az ELT-k méretéből adódóan elkerülhetetlen az egyes elemek saját súlya, valamint a „hasznos tömeg” (tükrök, műszerek) súlya alatti elhajlása.



17. ábra. Egyetlen szegmens, valamint több elem felfogatása egy tervezett óriástávcső főtükrében (TMT)



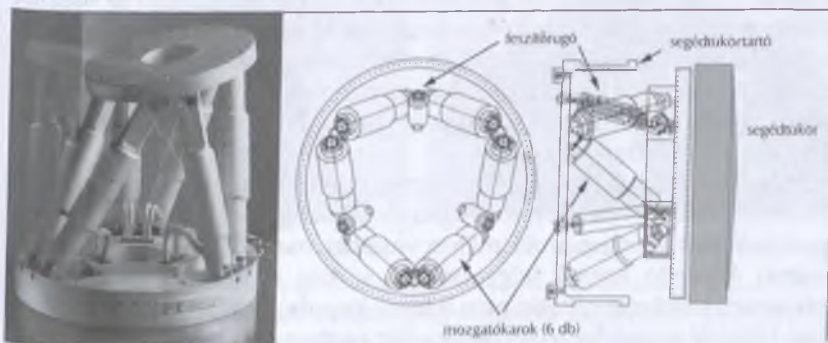
A kisebb távcsövek (pl. 4 m Mayall-teleszkóp, Kitt Peak stb.) esetében jól bevált, valamint a könnyített Dobson-távcsöveknél is széles körben alkalmazott Serrurier-vázszerkezet ugyan megelőzi a tükrök elfordulását egymáshoz képest, de ehhez a segédtükroket tartó jelentős méretű gyűrű szükséges. Egy ilyen, gyakorlatilag a főtükör átmérőjével megegyező gyűrű túlságosan nagy nyomatóékot fejtene ki a teljes mechanikára, ami nem elfogadható. Az ELT-k esetében tehát más megoldások szükségesek az optikai beállítás megőrzésére, melyek az alábbi főbb csoportokba sorolhatók:

- Belső szilárdság, szerkezet és anyag megválasztása: a távcsőszerkezet eredendő merevségének kialakítása. A tömeg nagymértékű növekedését elkerülendő ez rudakból felépített vázszerkezetet jelent, melynek alapvető építőelemei a külső behatásoknak legjobban ellenálló háromszöget, ill. tetraédert alkotó egységek (17. ábra). A teljes szerkezet merevségét a legalacsonyabb sajátfrekvenciával szokás kifejezni, amelynek magasabb értéke nagyobb szilárdságot, kisebb mértékű elhajlásokat jelent. A rezonáns frekvencia azonban, mint említettük, hozzávetőlegesen a méret reciprokéval ( $S^{-1}$ ) skálázódik, vagyis az ELT-k esetében komoly problémát jelent. Ezért különösen fontos lehet az új anyagok (szilícium-karbid, szénszálaz műanyagok stb.) szerepe, amelyek elősegíthetik az elsősorban acélszerkezetekre alapuló tapasztalatok újraértelmezését (l. az említett Green Bank-i rádiótávcső és a Keck összehasonlítását). A tervezés ezen számításainak pontos elvégzése gyakorlatilag lehetetlen lenne a modern végelem-analízis (Finite Element Analysis, FEA) szoftverek segítségével, amelyek több tízezer mechanikai elemre és azok csatlakozásaira ható erőket képesek véges időn belül kiszámítani (bár sokszor hetekig tartó programfuttatás eredményeként).
- Kompenzációs technikák: a deformációk mértékét ellensúlyok megfelelő elhelyezésével (passzív) és azoknak esetleg a távcsőpozíciótól függő mozgatásával (aktív) hatékonyan csökkenteni lehet, bár ez a megoldás tovább növeli a mechanikai szerkezet össztömegét. A passzív mód egy példája a segédtükroketartó optikával átellenes oldalra helyezett tömeg, mely a segédtükör által a tartólábakra kifejtett nyomatóékot egyenlíti ki. De tömegpontok helyett rugalmas feszítőelemek is elhelyezhetők (szintén passzívak vagy aktívak), melyek növelik a sajátfrekvenciát, illetve megelőzik a nagymértékű el- és kihajlásokat, továbbá csökkenthetik az esetleges holtjátékokat. A hőmérsékleti változásokból fakadó eltérő hosszváltozások és kialakuló feszültségek elkerülhetők egységesen alacsony (passzív), vagy eltérő, de megfelelően



összeválogatott (passzívan kompenzált) hőtágulási együtthatójú anyagok felhasználásával (atermális struktúrák). Ezek mellett akár folyamatos mérésen és hűtés/fűtés szabályozásán keresztüli aktív mód is elképzelhető.

- Aktív optika: ezt már részben tárgyaltuk, azonban talán érdemes rávilágítani, hogy nem csak a főtükör alakjának kiegyenlítéséről van szó. Legalább olyan fontos a segédtükör helyzetének és irányultságának megőrzése több tíz mm-es elmozdulások kiegyenlítésére is alkalmas hatláb-elemek (ún. hexapod, l. 18. ábra) segítségével. A három pár, változtatható hosszúságú tartóelem két lemezt kapcsol össze, a párok által kialakított háromszög-mintázatnak köszönhetően igen merev módon. Ugyanakkor az egyes lábak hosszának változtatásával mindhárom irányban lehetséges elmozdulás valamint forgatás. A kompenzáció sebessége és pontossága azonban függ a terheléstől, így igen fontos a segédtükör tömegének minimalizálása.
- Terheléelosztás: az ELT-k méretskáláján nem is kérdéses, hogy szükség van pl. a mozgatót lehetővé tevő csapágyak felületének megnövelésére, hiszen a hatalmas tömeg kis területre nehezedése túlságosan nagy nyomást jelentene, amit semmilyen csapágyazás nem visel el. A kisebb mechanikai elemeknél elsősorban alkalmazott golyóscsapágyak helyett a hidrosztatikus csúszócsapágyak használata célszerűbb, melyeket több ív mentén, nagy fizikai felületen elhelyezve egyenletesen osztható el a terhelés. Hasonlóan, az egyensúly fenntartása és a terhelés szétosztása előnyösen hat a mechanikai szerkezet stabilitására. Ugyanakkor tisztá, rövid és minél egyenesebb „terhelési útvonalakat” kell megőrizni, amin keresztül a szerkezet az alapozásra támaszkodik, illetve az egyes kisebb elemek a globális szerkezethez kapcsolódnak.



18. ábra. Aktív segédtükör hat szabályozható hosszúságú tartórúddal történő felfüggesztése.

Az említett problémák nemcsak a távcső, de a műszerek esetében is felépnek. A Nasmyth-platform és látómező-forgatás együttes alkalmazása nagyban segít – az állandó gravitációs tér fenntartásával – a műszertervezésben, s a Coudé-fókusz elérését lehetővé tevő optikai, illetve mechanikai rendszereknek is vannak előnyei.

A földrengésekkel szembeni védelem fontosságát már említettük, azonban nemcsak a természet, de műszaki hiba miatt is előfordulhatnak helyzetek, amikor a hatalmas tömegű szerkezet nagy gyorsulásnak van kitéve. Míg a VLT esetében pl. az objektumra állás során történő gyorsulás  $0,4 \text{ fok/s}^2$ , addig vészleállítás esetében ez az érték  $10 \text{ fok/s}^2$ , ami  $0,2$ -szeres gravitációs gyorsulásnak felel meg a segédtükkörre nézve. A Newton-féle  $F=ma$  képletbe beírva e gyorsulásértéket és a segédtükkör tartószerkezetének több száz kg-os tömegét látható, hogy nem elhanyagolható erőknek van kitéve az aktív optika esetén különösen érzékeny segédtükkör. A számok még ijesztőbbek, ha kivetítjük az előbbieket az ELT-k skálájára.

A szél hirtelen változó erejével, az ebből fakadó deformációkkal szembeni küzdelem szintén a fenti eszköztárra hagyatkozik, azonban van még egy megelőző lépés: a kupola megfelelő kialakítása.

### 3.6 Kupola

Közvetlenül a felszínen, pár méterrel a talaj felett, a légkör állapota igen heves változásokon megy át, hiszen az infravörös sugarak által felmelegített felszín folytonosan adja át termális energiáját a levegőnek. Ezért minden nagyobb távcső főtükrének legalább  $5\text{--}20 \text{ m}$ -rel a talajszint felett kell lennie.

Ennek ellenére a kupola körül is felkeveredik a levegő. Így mivel az adaptív optikára jellemző  $t_0$  időállandóban a levegő sebessége is szerepel, ezért a rosszul megtervezett kupola igen negatívan tudja befolyásolni az adaptív optika teljesítményét. Az is fontos, hogy a belső tér hőmérséklete ugyanaz legyen, mint a környezeté, különben a kupolarésen kiáramló meleg levegő rontja a képalkotást. Ezért nagyon fontos minimalizálni vagy e szempontból optimalizálni a kupolatér hőforrásait (pl. hideg, fluoreszcens lámpák; vezetékek és csövek szigetelése stb.)

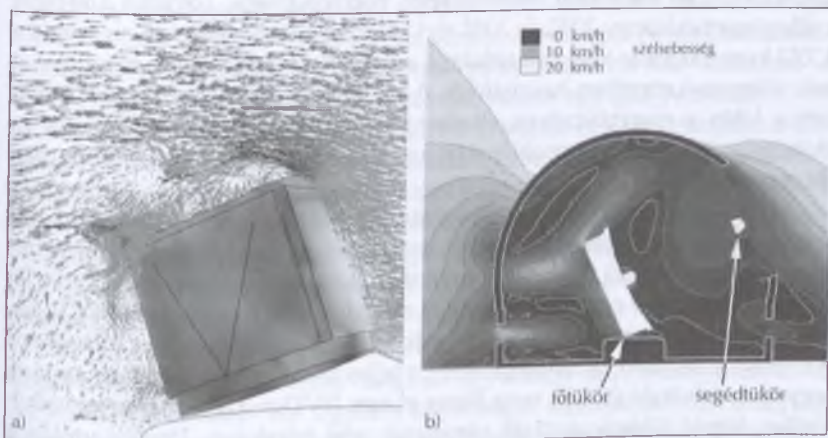
A külső-belső hőkiegyenlítésnek egyik egyszerű módja, ha a kupola két átellenes oldalán nyitunk rést s engedjük átáramlani a levegőt. Ez a megfigyelések alatt azonban problémához vezethet, mert a szűkebb keresztmetszeten áthaladó levegő felgyorsulhat, s még erősebben lökdösheti a távcsövet, mintha egyáltalán nem is lenne kupola. A szűk, csak a távcső szabad kilátását engedélyező rés pedig adott esetben csak betereli a szél útját a

kupolatérbe, s az ott indukált gyors és turbulens mozgások lecsökkentik az adaptív optikában releváns  $r_0$  értéket.

Legkedvezőbb megoldás, ha sok, távvezérléssel nyitható/zárható rés helyezkedik el a kupola oldalfala mentén, melyek állapotát a szél iránya és sebessége alapján folyamatosan szabályozni lehet. Annak megértésére, hogy miként is lehet adott paraméterek esetén optimálisan szellőztetni, szélcsatornás tesztekot végeznek a folyadékdinamikai numerikus modellek (19. ábra) igazolása céljából. Fontos adatokat szolgáltatnak a nagy rádiótávcsövek körüli, valamint a már meglévő obszervatóriumokban végzett nagyon érzékeny hőmérséklet- és szélsébség-mérések.

A távcsőnek otthont adó kupola mellett más épületekre is szükség van (műhely a javításokhoz, karbantartáshoz; szállás az észlelőknek és személyzetnek; műszereket tároló és azok karbantartását lehetővé tévő laborok). Ezek tervezésekor az alacsony profil, a légkör minél kisebb mértékű zavarása nagyon fontos. Ezért a kupola általában a hegytetőn uralkodó szélirány felé mutató peremén, míg minden más épület szélárnyékban, vagy lehetőleg valamivel a csúcs alatt kap helyet.

Az a kérdés is felmerül, hogy kell-e egyáltalán a távcsövet állandóan körbevevő épület. Egyes teleszkópok szeletekre vágott gömbhéjból álló védőburkai az éjszaka során szinte teljesen a talajba olvadva eltűnnek, s érintetlenül hagyják a környezet légköri áramlásait (ilyen volt a VLT is az első tervekben). Nem túl erős szelek esetében ez lehet jó megoldás, viszont



19. ábra Szélsébség számítógépes szimulációja egy szögletes (a, Euro50) és egy gömb alakú (b, TMT) kupola esetében.



az ilyen kupolákban szerkezetükből adódóan nincs belső, a kupola struktúrájára támaszkodó daru, ami pedig az összeszerelés, karbantartás vagy műszercserre esetében igen előnyös. Valamiféle védelemre a napfény erős sugárzása illetve az esetleges csapadék miatt mindenképpen szükség van, már csak azért is, mert a méret- és tömegkorlátok miatt fedő valószínűleg egyik ELT tükrén sem lesz.

### 3.7 Műszerpark

Mérőberendezések, képalakító kamerák vagy spektrográfok nélkül az ELT-k szó szerint félkarú óriások lennének. Amatőr csillagász körökben jól ismert a mondás: az okulár a távcsöved fele – ehhez hasonlóan az ELT-kre is elmondható, hogy habár kisebbnek és kevésbé lényegesnek tűnhet egy CCD kamera a távcsőhöz képest, anélkül azonban mit sem ér az egész. Így minden ELT program szerves része a műszerek fejlesztése. Mint láttuk, a filozófia nem az, hogy építünk egy nagy távcsövet, aztán ahhoz valami műszert, és kitaláljuk mit lehet mindezzel kezdeni. Ennek épp a fordítottja igaz, a tudományos igények a meghatározóak, ezek vezérlik az optika definiálását (ami tulajdonképpen minden mérőműszer első eleme), s ezen keresztül a teljes távcső tervezését.

Az egyes műszer típusok ismertetésébe nem kívánok belebocsátkozni. Ennek több oka van, egyrészt terjedelmi, másrészt a modern csillagászati műszerek igen nagyfokú összetettsége, bonyolultsága. Továbbá a Meteor csillagászati évkönyv 2002. és 2007. évi kötetében részletes leírás olvasható a CCD kamerákról és spektrográfokról, amelyeket a csillagászati megfigyelések túlnyomó részében használnak. A színképelemzőkről szóló cikk konkrétan kitér a nagy távcsöves alkalmazásokból fakadó komplikációkra is. A képrögzítő eszközök problémáját azonban érdemes egy pár mondatban itt megemlíteni.

Az ELT-k átmérője növekszik ugyan, de a fényerő nem változik, vagyis adott (szög)kiterjedésű látómező fizikai mérete az átmérővel egyenes arányban nő. Egy 25 m-es,  $f/15$  fényerejű teleszkóp esetében 10 ívperces látómező több mint egy méternek felel meg. Jelenleg a csillagászati CCD kamerák pixelmérete mintegy 20 mikrométer körüli, vagyis 3 milliárd képpontos detektorra lenne szükség a teljes látómező lefedéséhez, aminek egyetlen felvétele (6 GB) nem férne el egy DVD-n. Ugyanakkor egyetlen csillag képét többtucat pixel rögzítené, ami felesleges. Pixelek utólagos összevonásával ugyan kedvezőbb mintavételezés érhető el, és a tárolandó kép mérete is sokkal kisebb, de nagyobb pixelméretű, nagyobb felületű detektor lenne az ideális megoldás. A legtöbb hétköznapi CCD alkalmazás



azonban a kisebb képpont-méretet részesíti előnyben. Az érzékelőfelület növekedése ugyan várható, azonban a félvezetőipar előreláthatólag mégsem lesz motivált az egyedi csillagászati igények kielégítésében. Mai áron számolva a fenti detektor érzékelői mintegy 30 millió dollárba kerülnének (csak a CCD-k árát tekintve), ami igen tekintélyes a távcső egészéhez képest is. Csak remélni lehet, hogy ez megváltozik.

Az ELT tervek a távcső átadására csak egy-két műszer elkészültével számolnak (általában egy közeli-infravörös kamera, illetve egy többobjektum- és/vagy képpalkotó spektrográf). Ennek oka az, hogy a műszerfejlesztési költségek is igen magasak, s azok nagy részét egy későbbi fázisra tolva az anyagi források egyenletesebb elosztása érhető el. Valamint komoly problémák esetén egy műszer esetleges beáldozásával megelőzhető a teljes program fennakadása. Ugyanis ha elkészült egy ELT és legalább egy műszerrel bizonyította teljesítőképességét, onnantól kezdve sokkal könnyebb anyagi támogatást találni további műszerek készítéséhez. Valamint az első megfigyelési tapasztalatok birtokában a távcsövet optimálisan kihasználó műszerek készíthetők.

### 3.8 Mibe fog ez nekünk kerülni? – avagy egy óriástávcső ÉLetúTja

Az elmúlt évtizedekben átadott távcsövek alapján egy 2, 4 és 8 méteres távcső rendre mintegy 5, 20 és 80 millió dollárba kerül. Erre alapozva egy 30 m-es teleszkóp megépítése valahol a 750 és 1000 millió dollár körül lehet, optimista becslés szerint. Pontos választ adni azonban igen nehéz, talán lehetetlen is ennyire összetett fejlesztési programok esetén. Ráadásul a költségek nem érnek véget a megépítéssel, hiszen egy ELT-hez talán 50–60 főből álló csoportra lesz szükség az üzemeltetéshez és karbantartáshoz. Ehhez még hozzájárulnak az egyéb működési, beszerzési költségek, amit éves szinten összeadva megdöbbentő számot kaphatunk. A 6,5 m-es MMT éves szinten mintegy 6–7 millió dollárt emészt fel, vagy ha úgy tetszik, egy éjszaka 20 000 dollár ér (egy doktori hallgató éves díjazásának megfelelő összeg az USA-ban). Egy ELT esetén az éves költségvetés talán a méterben vett átmérőnek felelhet majd meg, millió dollárban kifejezve.

S hogy honnan ered a bizonytalanság? Elsőként is onnan, hogy egy egyedi tervezésű és építésű távcső esetében egyáltalán nem érvényesülhet az „egyet fizet, kettőt kap” elv. Ugyanis szinte majd’ minden szerkezeti egység a legújabb technológiára épül, a lehető legnagyobb tudományos teljesítmény elérése érdekében. Így sokszor az árbecslés a végül megépített elemre talán nem is hasonlító prototípus alapján készül. Rosszabb esetben prototípus sincs, de az szinte biztos, hogy még a sikeresen kivitelezett alkatrész

sem gyártják majd gazdasági hasznót hozó darabszámban. Amennyiben mégis több hasonló műszer készül, az lényeges megtakarításokat jelent. Két távcső esetén (Keck I és II példája) a második költsége mintegy 25%-kal alacsonyabb az elsőnél, négy egyforma reflektor építésekor pedig a negyedik gyakorlatilag „ingyen van” (l. VLT-k példája). Egy adott ELT-terv csak egyetlen példányban fog megvalósulni...

Nagyon fontos az is, hogy az előzetes tanulmányokra megfelelő pénzösszeget fordítsanak. Az alulfinanszírozott kezdeti fázisok később nemcsak a részletes tervezés költségeit emelik meg, hanem esetleg az egész program időbeli kitolódásához vagy teljes leállásához vezethetnek. De mik is ezek az egyes fázisok? Eredetileg a NASA által bevezetett módszer szerint a nagy bonyolultságú missziókat kisebb, kezelhető, átlátható fázisokra tagolják. Minden egység célja és feladatai jól megfogalmazhatóak, és az adott fázis végén estleges külső szakértők bevonásával a „mehet/nem mehet tovább” kérdésre elfogulatlan választ lehet adni. E modellt ma szinte minden nagyobb fejlesztési program alkalmazza, amely röviden a következő fázisokra bontást jelent:

- 0. szakasz: elképzelés kialakítása. Tudományos célok és megvalósítási ötletek felvázolása, melyek segítségével megszerezhető legalább a részletek kidolgozásának anyagi fedezete. E fázis összefoglalása az előtanulmányokat összegző dokumentum (Design Study Report, DSR)
- A szakasz: előzetes, becslő vizsgálatok. Az elképzelés körvonalainak pontosítása, alternatív megvalósítási lehetőségek keresése, várható költségek és elérhető eredmények becslése a felmerült esetekben, a legmagasabb tudomány/ár irány megtalálása. Ennek összefoglalása az elgondolt konstrukciót leíró dokumentum (Conceptual Design Review, CoDR vagy Mission Design Review, MDR).
- B szakasz: részletes feladatmeghatározás. A kiválasztott megoldás részleteinek kidolgozása olyan szinten, hogy azok jelentős változtatások nélkül kivitelezhetőek legyenek. A tudományos célok, technológiai megoldások és anyagi lehetőségek egyértelmű megfogalmazása és indoklása a programban nem résztvevő szakemberek számára is átlátható és meggyőző módon. Ezek összefoglalása az előzetes tervek áttekintő dokumentum (Preliminary Design Review, PDR).
- C szakasz: tervezés. Ennek során a bizonytalanságot hordozó tényezőket teljesen meg kell szüntetni, adott esetben prototípusok gyártásával igazolni a használni kívánt technológia létjogosultságát. Gyártásra alkalmas és az apróbb részletektől eltekintve arra kész modellek készítő-

se, pontos árajánlatok megszerzése. Az eredmény a tervek véglegesen elbíráló dokumentum (Critical Design Review, CDR)

- D szakasz: kivitelezés. Mechanikai és optikai elemek gyártása, teljes összeszerelés és tesztelés, majd helyszínre szállítás és végső felállítás az időközben felépített infrastruktúrába (kupola, kiszolgáló épületek). A legnagyobb anyagi vonzattal járó fázis.
- E szakasz: működés. A tudományos megfigyelések és a további műszer-, valamint a távcső működését javító kisebb, fejlesztési programok időszaka.

A csúszások a jól átlátható tagolás ellenére szinte természetesek, talán a túlságosan derülátó becslések, rosszul felmért problémamegoldási lehetőségek miatt. Mivel ezen hibák főleg az A és B szakaszban jellemzőek, az elsie-tett előkészítés okozza a C, és sajnos sokszor a D fázis elnyúlását, ami gyakorlatilag együtt jár a költségvetés túllépésével. Ennek elkerülése érde-kében fontos az összetett tervezési folyamat három fő kérdésének folytonos újraértékelése: 1 – mik a tudományos igények; 2 – mi valósítható meg tech-nikailag; 3 – mi fér bele a költségvetésbe. E szempontok megfeleltethetők a kutatói, az ipari és a gazdasági szféra szakembereit tömörítő csoportoknak, amelyek az egyes ELT-k tervezési irodáját alkotják. Ezen csoportok tagjai-nak felkészültsége, ill. a közöttük fennálló jó együttműködés és folytonos párbeszéd a sikeres távcsőépítés kulcsa.

## 4. Vissza a jövőbe!

A jelenleg nagy ütemben folyó tervezési munkák elméleti hátterébe, a megvalósítás várható kihívásaiba történő bepillantás, valamint a történel-mi/tapasztalati tények tárgyalása után fordítsuk főtükörünket a jövőbe! Az elénk táruló látványt a 2. táblázat foglalja össze röviden, de nézzük meg ki-csit közelebről is, mennyire megalapozottak ezek az ígéretek.

### 4.1 GMT – Giant Magellan Telescope

Az Óriás Magellán Távcső a Carnegie Obszervatórium, a Har-vard-Smithsonian Asztrofizikai Központ, a Harvard, Texas, Arizona, Michigan, az MIT és ausztrál egyetemek összefogásával készül. Ami megkü-lönbözteti az összes többi ELT tervtől, az a főtükör kivitelezése (l. 20. ábra), ami 7 db 8,4 m-es egybeöntött tükörből áll. A 25 méteres fizikai távcsőátmérő egy 22 m-es folytonos tükör felületének fénygyűjtő képességét adja, ugyan-



akkor a felbontás egy 25 m-es teleszkóppal egyenértékű. A nagy egybefüggő tükröfelületek miatt a csillagok diffrakciós képe eltér ugyan az Airy-féle alakzattól (l. 2.a ill. 10.a ábrákat), azonban csak nagyon kevés fény szóródik ki a központi csúcsból.

## 2. táblázat

*Tervezett óriástávcsövek összehasonlítása.*

	GMT	TMT	E-ELT	Euro 50
közvetlen előzmény	20/20	CELT/GSMT/VLOT	OWL	-
tapasztalat	MMT, LBT	Keck	?, GTC	?, GTC
fázis	B	B	A	0
főtükör átmérője [m]	25 (22)	30	42	50
hullámhossz [mikrométer]	0,4–24	0,3–28	0,4–20	0,35–20
optikai elrendezés	Gregory	Ritchey–Chrétien	3 + 2 sík	Gregory
szegmensek mérete [m] és száma	8,4 / 7	1,45 / 492	1,45 / 906	2,0 / 618
segédükör átmérője [m]	1,1x7 (3,3)	3,0	6/4,2/2,5/2,7	4,1
fényerő	8	15	15	13
látómező [ívperc]	25	20	10	10
műszerelhelyezés	Cassegrain	Nasmyth	Nasmyth	Nasmyth
adaptív optika	M2	M2	M4	M2
helyszín	Las Campanas, Chile	Armazones, Chile	Paranal, Chile ???	La Palma, Kanári-szigetek ?
tervezett költség	500 M USD	750 M USD	800 M EUR	600 M EUR
tervezett átadás	2016	2016	2017	2014

A segédükör a főtükörhöz hasonlóan szegmentált, 7 db egyenként egy-méteres adaptív optikai elemből áll, s a Gregory-elrendezésnek köszönhetően a felszíni réteg adaptív optika (GLAO) a távcső szerves része. A Cassegrain-fókusz miatt a fényerő viszonylag nagy:  $f/8$ , azonban a főtükör alatt elhelyezett műszerek együtt mozognak a távcsővel. Segédoptikákkal rögzített műszerpozíció is kialakítható a talapzaton, de csak kis látómezőre.





20. ábra A 25 m-es GMT – Giant Magellan Telescope

Maga az elsődleges fókusz azonban nagy látómezőt ad, melyhez az atmoszferikus diszperziót (l. Fűrész G.: A csillagászati spektroszkópia eszközei, Meteor csillagászati évkönyv 2007) és a teljes látómező képalkotását korrigáló 1,5 m-es optika is szerepel a tervek között.

A GMT másik megkülönböztető jegye az, hogy a távcsőtörténeti tapasztalatokat tiszteletben tartva gyakorlatilag duplázódást jelent a Keck átmérőjéhez képest. De a megvalósíthatóságnak, mint említettük, nem ez az íratlan szabály adja meg a hátteret, hanem a már többszörösen bizonyított tükörkészítési technológia. Az MMT és Magellán távcsövek, valamint az

LBT főtükrei, illetve az MMT már működő és az LBT készülő aktív segéd-tükre gyakorlatilag 100%-ban biztosítja a kivitelezés sikerét. Mi több, az LBT mechanikája is összemérhető a GMT szerkezetével. A bizakodást mi sem igazolja jobban, mint hogy az első főtükör-elemet már ki is öntötték és az Évkönyv megjelenésekor már a polírozás lesz folyamatban.

A távcső tényleges megépítésében ugyan nagy segítség az egyik főtükör-elem felmutatása, azonban korántsem biztos, hogy ez garantálja majd a szükséges anyagi támogatás megszerzését. Jelenleg a teljes költség mintegy 10%-a áll rendelkezésre, bár a program folytatása az említettek miatt igen valószínű.

## 4.2 TMT – Thirty Meter Telescope

A Harmincméteres Távcső, a kanadai csillagászati kutatásokat folytató egyetemek egyesülete (AURA), a kaliforniai egyetem és a kaliforniai műszaki intézet (CalTech) nevével fémjelzett TMT három korábbi ELT program összeolvadásából született (CELT – California Extremely Large Telescope, GSMT – Giant Segmented Mirror Telescope, VLOT – Very Large Optical Telescope). A Keck építésében vezető szerepet betöltő kaliforniai intézetek nagy tapasztalattal rendelkeznek a szegmenstükrök terén, így a vállalkozás még annak ellenére is sikerrel kecsegtet, hogy a Keck átmérőjének három-



21. ábra A 30 m-es TMT (Thirty Meter telescope) és újszerű kupolája

szorozását célozza meg. A Ritchey–Chrétien elrendezés sokkal rövidebb távcsövet eredményez, mint a Gregory változat, azonban a 3 m-es adaptív segédtekőr igen nagy technikai kihívás lehet.

A Nasmyth-platform akár 20 tonnás, 16 méter hosszú műszerek fogadására is képes, és bár ez hatalmasnak tűnhet, de valószínűleg készülnek majd ekkora spektrográfok.

A több mint száz különféle tükördarab közül kettőnek az elkészítése folyamatban van, hogy a szükséges technológiákat kifejleszthessék és kipróbálhassák. Az egyéb részletes tanulmányokat és prototípus fejlesztését megkönnyíti, hogy egy magánalapítvány támogatásával immáron 300 millió dolláros összeg áll a következő 9 év során a TMT tervezőinek rendelkezésére.

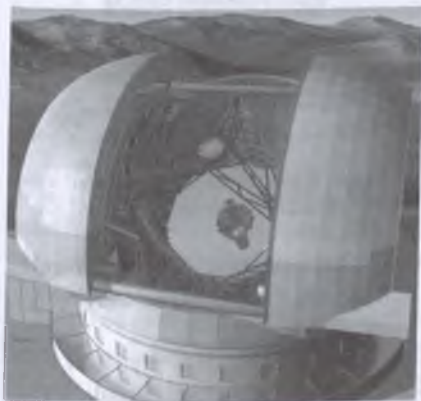
A technikai megoldások egyik érdekessége a kupola, amit eddig egyetlen nagyobb távcsőnél sem láthattunk (21. ábra). A félgömb burkolat kettéosztásával, a két rész egymáshoz képesti (illetve a nagyobb elem épülethez viszonyított) forgatásával tetszőleges látóirány kiválasztható, miközben a távcsőátmérőnek megfelelő kör alakú nyílásra van csak szükség. Ez a szellő-kékekkel szemben igen jó védelmet nyújt az áramlások kismértékű megváltoztatása mellett (19.b ábra).

### 4.3 E-ELT – European Extremely Large Telescope

Az Európai Óriástávcső tulajdonképpen az ESO korábbi, igen nagyra törő 100 méteres OWL tervének mérsékeltebb változata (22. ábra). A visszalépés okait már részben említettük, de azok mellett még több más indoka volt a lépésnek (az OWL szferikus főtükröre, szegmentált 30 m-es sík segédtükröre stb.). Fontos megemlíteni, hogy az ESO-nak gyakorlatilag nem volt tapasztalata szegmenstükrös távcsövek építésében. A helyzet 2006-ban változott (az OWL „lefokozásával” majdnem egy időben), amikor Spanyolország csatlakozott az ESO-hoz. Így ugyanis a GTC (Gran Telescopio de Canarias – Kanári-szigetek óriástávcsöve, egy 2008-ban befejeződő spanyol-mexikói együttműködés) építése kapcsán szerzett tapasztalatok, valamint maga a GTC elérhetővé vált az ESO számára.

Az E-ELT-nek tehát van egy kis hátránya a TMT-vel szemben, azonban a nemzetközi „asztropolitika” elmúlt évtizedeire visszatekintve igen valószínű, hogy egy amerikai ELT program C vagy D fázisba kerülésekor az ESO

nem fog tétlen maradni. Annak idején az NTT megépítése tudatos lépés volt a VLT előkészítéséhez, melynek célja az Egyesült Államok XX. századbeli távcső-egyeduralmának megdöntése volt. A négy 8 m-es távcsőnek az a képessége, hogy egyidejűleg képes négy akár teljesen eltérő műszerrel méréseket végezni, vitathatatlan előny még a Keck-teleszkópokkal szemben is. Az OWL, ha elkészülhetett volna, nyilvánvaló elsőbbséget jelenthetne. De talán nem véletlen, hogy a méretcsökkenés után is 42 méteres maradt az átmérő.



22. ábra Az Európai Déli Obszervatórium 42 m-es E-ELT-je (European Extremely Large Telescope)

### 4.4 Euro-50

Az 50 m-es átmérő igen ambiciózus (23. ábra), a becsült költségek pedig szinte bizonyosan nem tükrözik a valóságot (hasonlítsuk össze az E-ELT-vel). Az eredetileg finn, ír, spanyol, svéd és angol részvétellel, első-sorban az északi országok vezető szerepe mellett indult program kissé a többi ELT terv mögé helyezhető, ami az előrehaladottságot illeti. A két európai



program egyidejű megvalósulása (főleg a spanyol, angol és svéd ESO-tagságot figyelembe véve) igen valószínűtlen, ugyanez viszont nem teljesen lehetetlen a TMT / GMT verseny esetében. Az európai szintén viszont a TMT-t eredményező összeolvadáshoz hasonló történhet, vagyis az Euro50 és az E-ELT egybevonása az ESO kibővülő tagsága mellett (bár ez egyelőre pusztán a szerző spekulációja).

Mindenesetre a két program közül az E-ELT három homorú és két siktükröt használó újszerű optikai elrendezése figyelemre méltó. Ugyanakkor mindkét távcső viszonylag kis, 10 ívperces látómezővel számol, s más tekintetben is hasonlóak. Azonban az Euro50 főtükrének mérete kissé túlméretezettnek tűnik, különösen a GTC-vel kapcsolatos problémák miatt. Emellett az egyelőre eldöntetlen helyszín is mutatja, hogy a tervezés még korábbi fázisokban van, mint a GMT vagy TMT esetében. Azonban mindez hamarosan változhat – igen izgalmas évtizednek nézünk elébe a távcső 400 éves születésnapján!

Mindenesetre, ha elkészül az E-ELT egy amerikai társával együtt, és előbbi a Kanári-szigeteken, utóbbi Chilében kap helyet, az a csillagászok legnagyobb örömét jelentené, hiszen mind az északi, mind a déli féltekén lenne egy új generációs óriástávcső.



23. ábra Jól szemlélteti az Euro50 méreteit a Boeing 747-es repülőgép méretarányos képe

### (Kupola)záró gondolatok

A fentiek közül melyik lesz az első ELT? Mikor lesz kész? Esetleg más programok születnek és valósulnak meg? Lesz-e 100 m-es optikai távcső valaha?



A legelső kérdésre nem tudok biztos választ adni, s a GMT-ben részt vevő egyik intézménynél dolgozva pedig az elfogultság vádja is felmerülhet. Ennek ellenére tény, hogy a GMT a legnagyobb biztonsággal kivitelezhető terv. A TMT a Keck építőit maga mögött tudván – nem is beszélve a már meglévő jelentős anyagi támogatásról – szintén megalapozott vállalkozás. Az európai programok közül pedig valószínűleg egy közös terv kialakítása lenne versenyképes, de ez várhatóan később válik majd valóra, mint a GMT vagy TMT.

A 2. táblázatban megadott évszámok inkább a sok évvel ezelőtti víziót tükrözik, mintsem a valóságot. A közelmúltba visszatekintve láthatjuk, hogy a Keck 16 év (1977–1993), a VLT 18 év (1983–2001), a Subaru pedig 16 év (1984–2000) alatt készült el. Az ELT tervek már az ezredfordulón napvilágot láttak, azonban összetettségük alapján a hatalmas műszerek építésének mintegy 16 éves futamideje irreálisan rövidnek tűnik. Szinte mindegyik programban már most kisebb-nagyobb csúszások vannak, s legjobb esetben is csak a 2020-szal kezdődő évtized első felében várható az első óriás megjelenése. Az sem lehetetlen, hogy mindkét amerikai terv valóra válik, majd az európai 40 m-es ELT is holdvilágot lát, talán a 2030-as években. Az utóbbi hónapokban egyre inkább megnyilvánuló gazdasági lassulás azonban, amennyiben hosszabb távon fennmarad, nagymértékben befolyásolhatja ezen nagyratörő programok megvalósulását.

Más programok megvalósulásának esélye, mint ahogy újabbak megjelenése is igen valószínűtlen. Ennek oka egészen egyszerűen az, hogy a megfelelő tapasztalattal rendelkező szakemberek a már most is meglévő programok köré csoportosulnak, továbbá a kivitelezés költségei nemzetközi összefogást igényelnek. Az egyetlen említésre méltó kezdeményezés, a japán JELT (30 m) talán éppen az egy országra korlátozódása miatt jár (igen kicsiny) gyermekcipőben.

A 100 m-es távcső kérdése a távoli jövő homályába (vagy fényesszenyezésébe?) vész, de nem tudhatjuk, miféle technológiai újítások lesznek a közünkben a XXI. sz. derekán. Amennyiben valaha is készül majd egy futballpályányi főtükör, azt valószínűleg a távcső 500 éves évfordulóján ünnepelhetjük.

### Ajánlott/felhasznált irodalom:

- Bely, P. Y. (szerk.): The Design and Construction of Large Optical Telescopes, 2002, Springer  
Foy, R. – Foy, F. C. (szerk.): Optics in Astrophysics, 2005, Springer  
Wilson, R. N.: Reflecting Telescope Optics II, 1999, Springer

**Internetes oldalak:**

E-ELT / OWL Blue Book:

<http://www.eso.org/public/astronomy/projects/e-elt.html>

<http://www.eso.org/sci/facilities/eelt/>

[http://www.eso.org/sci/facilities/eelt/owl/Phase\\_A\\_Review.html](http://www.eso.org/sci/facilities/eelt/owl/Phase_A_Review.html)

GMT:

<http://www.gmto.org/>,

<http://www.gmto.org/CoDRpublic>

TMT:

<http://www.tmt.org/>

<http://www.tmt.org/news/TMT-Construction%20Proposal-Public.pdf>

<http://celt.ucolick.org/>

Euro50:

<http://www.astro.lu.se/~torben/euro50/>

[http://www.astro.lu.se/~torben/euro50/publications/white\\_book80.pdf](http://www.astro.lu.se/~torben/euro50/publications/white_book80.pdf)

JELT:

[http://jelt.mtk.nao.ac.jp/English/index\\_e.html](http://jelt.mtk.nao.ac.jp/English/index_e.html)

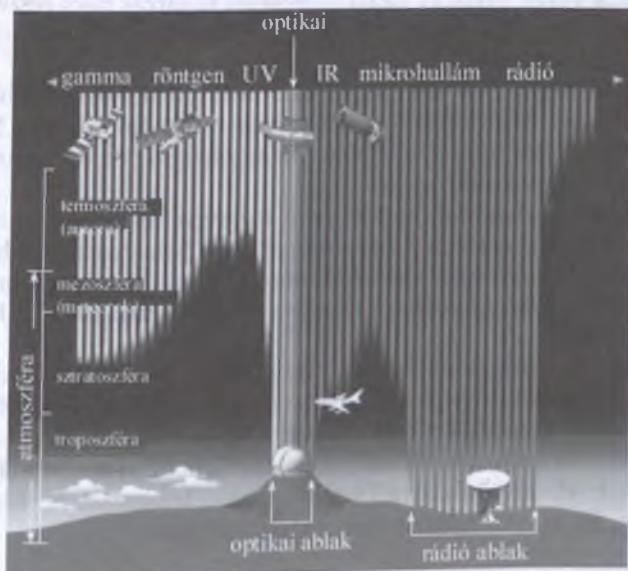
EELT Working Group:

<http://www.aao.gov.au/instrum/ELT>

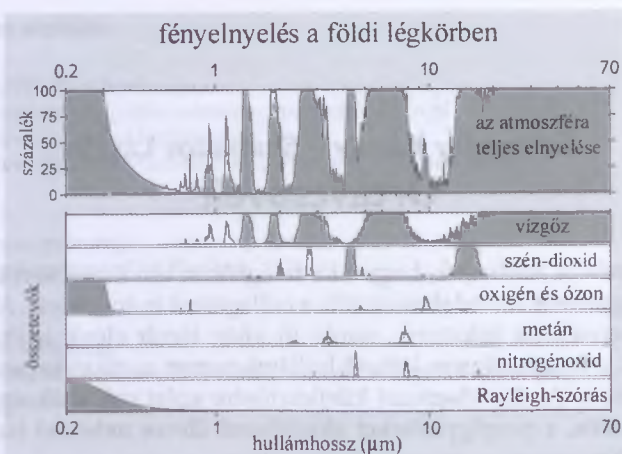
## Szalmáry Károly – Szabados László Űrtávcsövek

Túlzás nélkül állíthatjuk, hogy a földi légkörön túli űrtávcsövekkel végzett megfigyelések forradalmasították a csillagászat tudományát. Alapvetően új ismeretekhez jutottunk, szinte új világ tárult elénk azáltal, hogy változatos, a felszínről nem látható hullámhosszon sugárzó képét mutatja az univerzum. Az űrcsillagászat kifejlesztésére azért volt szükség, hogy a légkör számos, a megfigyeléseket akadályozó illetve nehezítő hatását kiküszöböljük:

1. A földi légkör az űrből érkező elektromágneses hullámoknak csak egy részét engedi át, a többit elnyeli (1. és 2. ábra). A gamma-, a röntgen- és az ultraibolya sugárzás többsége nem érkezik le a földfelszínig (az élővilág szerencséjére). Az infravörös tartományban is csak részben végezhetünk



1. ábra. A légkör átteresztése a különböző hullámhossztartományokban.



2. ábra. A légköri elnyelődés kicsit részletesebben, összetevők szerint.

megfigyeléseket, a légkör molekulái nagy részét elnyelik. Az igen szűk optikai (látható vagy vizuális) tartomány és a rádiósugárzás sokkal szélesebb hullámhossztartománya ér le a Föld felszínéig, ezért használhatunk optikai és rádiótávcsöveket. Tehát az elektromágneses sugárzás nagy részét csak a légkörön túlról figyelhetjük meg. Ez pedig alapvetően fontos ahhoz, hogy az égitestekről többet tudjunk meg.

Egészen másképp néz ki a világ a különféle hullámhossztartományokban, hiszen a hőmérséklettől függ a sugárzás intenzitáseloszlása. Néhány speciális jelenség (pl. az elektron-pozitron annihiláció 511 keV-on) is csak a légkörön túlról tanulmányozható.

2. A felszínen jelentősen korlátozza a megfigyeléseket az égi háttérfényesség. Ha ez nagy, akkor a halvány égitestek beleolvadnak a háttérbe, gyakorlatilag nem vizsgálhatók. Különösen káros ilyen szempontból az egyre terjedő fényszennyezés. Az űrtávcsövek alkalmazásánál a háttérfényesség minimális.

3. A földi távcsövek felvételein a csillagok képe egy kb. 1 ívmásodperc átmérőjű elmosódott folt a légköri turbulencia, a fénytörés helyről helyre való változása miatt. Az elméleti felbontóképesség nem érhető el. Az újabban használt adaptív optikai rendszerek (l. Fűrész Gábor ELTervezett távcsövek c. cikkét) már lehetővé teszik a 0,1 ívmásodperces felbontást, de csupán a látómező egy kis részében, az optikai tengely irányában.



4. A súlytalanság állapotában lévő űrteleszkópoknál az optikai elemek nem torzulnak, a köztük lévő távolságok pedig nem változnak a gravitáció miatt. A Föld mágneses tere is kevésbé zavarja a detektorokat.

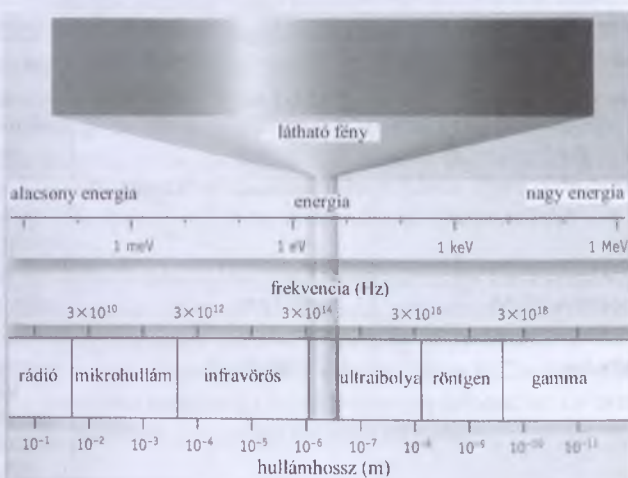
5. Megfelelő pályára helyezett űrtávcsövekkel ugyanaz az objektum heteken-hónapokon át megfigyelés nélkül is észlelhető, ami a csillagászati idősorok vizsgálatánál (pl. asztroszeizmológiai kutatások, fedési exobolygók keresése esetén) lényeges előny a földfelszíni lehetőségekhez képest.

#### 1. táblázat.

*Az elektromágneses spektrum tartományai. A röntgen- és gammasugárzás esetében nem a hullámhosszat, hanem a fotonok energiáját adják meg az elektronvolt (eV) ezerszeres (keV) és milliószoros (MeV) egységeiben. Az átszámítás:  $E [\text{keV}] = 1,24 / \lambda [\text{nm}]$ .*

Tartomány	hullámhossz	fotonenergia	detektor
ultranagy energiájú gamma		$> 10^8$ MeV	ködkamra, földi Cserenkov-távcsövek
nagyon nagy energiájú gamma		$10^4$ – $10^8$ MeV	Cserenkov-számláló, Si-lapok kaloriméterrel
nagy energiájú gamma		$30$ – $10^4$ MeV	szikrakamra
közepes energiájú gamma		$10$ – $30$ MeV	szikrakamra
alacsony energiájú gamma		$1$ – $10$ MeV	szcintillátor
lággamma		$0,1$ – $1$ MeV	szcintillátor
keményröntgen	$0,01$ – $0,1$ nm	$10$ – $100$ keV	szcintillátor, mikrocsatornás lemez
lágyröntgen	$0,1$ – $10$ nm	$0,1$ – $10$ keV	proportionális számláló, mikrocsatornás lemez
extrém ultraibolya (EUV)	$10$ – $91,2$ nm		mikrocsatornás lemez
távoli-ultraibolya	$91,2$ – $200$ nm		mikrocsatornás lemez, fotoelektron-sokszorozó cső (PM-cső)

Tartomány	hullámhossz	fotonenergia	detektor
közeli-ultraibolya	200–380 nm		fotolemez, PM-cső, CCD
látható (ibolya, kék, zöld, sárga, narancs, vörös)	380–720 nm		fotolemez, PM-cső, CCD
közeli-infravörös (NIR)	0,72–3 $\mu\text{m}$		fotokonduktív detektor, CCD
közép-infravörös (MIR)	3–30 $\mu\text{m}$		hibrid szilárdtest detektor
távoli-infravörös (FIR)	30–300 $\mu\text{m}$		bolométer
szubmilliméteres mikrohullámú rádió	0,3–1 mm		kürtantenna
mm-es mikrohullámú rádió (EHF)	mm–cm		kürtantenna
cm-es mikrohullámú rádió (SHF)	cm–dm		kürtantenna
dm-es rádió (UHF)	dm–m		kürtantenna, dipólantenna
ultrarövidhullámú rádió (VHF)	1–10 m		dipólantenna
rövidhullámú rádió (HF)	10–100 m		dipólantenna
középhullámú rádió (MF)	100–1000 m		dipólantenna
hosszúhullámú rádió (LF)	1–10 km		dipólantenna



3. ábra. Az elektromágneses spektrum főbb tartományai

A légkörön kívüli csillagászati megfigyelések nagy kihívást jelentettek a mérnökök, a műszerfejlesztők és az informatikusok számára. Meg kellett oldani a következő problémákat, feladatokat:

1. Az űrtávcsövek megfelelő pályára állításához szükséges hordozóeszközök, gyorsító rakétafokozatok kifejlesztése.

2. Az űrtávcsövek pontos irányba állását és annak stabilizálását lehetővé tevő berendezések létrehozása (giroszkópok, vezető rendszerek).

3. Az űreszközökkel való kapcsolattartás, vezérlési feladatok megoldása. Az óriási mennyiségű mérési adat rögzítése, továbbítása, fogadása, tárolása majd feldolgozása a földi központokban. Ehhez korszerű rádiótávcsövekkel felszerelt bázisokra és a legfejlettebb számítástechnikára van szükség.

4. Olyan speciális távcsőszerkezetek (eltérítő tükrök) és érzékelők, detektorok kifejlesztése, amelyek lehetővé teszik a nagy energiájú fotonok érzékelését, és olyanoké is, melyek a kis energiájú távoli-infravörös vagy mikrohullámú sugárzás megfigyelésére alkalmasak.

Az elektromágneses hullámhossztartományokat (3. ábra) és az ott használt jellegzetes detektorokat az 1. táblázat foglalja össze.

Az űrcsillagászati megfigyelési programok elsődleges feladatai:

1. Feltérképezni lehetőleg a teljes égboltot különféle hullámhossztartományokban (all-sky survey).

2. Pontszerű források keresése mindenféle hullámhosszon, ezek azonosítása már ismert objektumokkal. Hirtelen felvillanások, tranziensek felfedezése és ezekről gyors riasztás.

3. Égitestek színképének felvétele a lehető legszélesebb tartományban. Színképvonalak alakjának és eltolódásának meghatározása.

4. A fényesség, a színkép és a polarizációs állapot időbeli változásainak nyomon követése.

## Az űrcsillagászat rövid története

Értelmezésünk szerint mindazok a távcsöves megfigyelések, amelyeket nem földfelszíni teleszkópokkal végeznek, az űrcsillagászat tevékenységi körébe tartoznak. A teleszkóp vagy más megfigyelőeszköz elhelyezése szerint így az észlelőplatform lehet *repülőgép*, *ballon*, *rakéta* illetve *űreszköz* az elérhető magasság növekvő sorrendjében.

Ezek közül legelőször a ballont vették igénybe csillagászati célokra: a francia *Jules Janssen* már 1874-ben egy hőlégballon kosarában 7300 m magasra emelkedve kézi spektroszkóppal vizsgálta a Napot. Rendszeressé azon-

ban csak 1951-től váltak a léggömb kosarából végzett csillagászati észlelések. Néhány évvel később már a csillagásznak sem kellett a magasba emelkednie, mert automatizált, illetve távirányítású műszerekkel végezték a megfigyeléseket. A ballon nagy magasságba juttatása meleg levegő helyett a levegőnél kisebb sűrűségű gázzal érhető el. A ballonos csillagászat hőskorából a legemlékezetesebb a Princeton Egyetem Stratoscope missziója. Ennek keretében 1962-ben már 90 cm átmérőjű távcsövet küldtek a sztratoszférába, több mint 30 km-rel a földfelszín fölé.

A repülőgépek fedélzetéről végzett csillagászati megfigyelések története is meglepően régre, az 1920-as évekre nyúlik vissza. 1923. szeptember 10-én, majd azt követően minden teljes napfogyatkozás idején tudományos célú megfigyeléseket is végeztek a Napról repülőgéppel a magasba emelkedve.

Nemcsak a ballonos és a repülőgépes csillagászatra, hanem a később megszületett rakétás és műholdas csillagászatra is igaz, hogy első célpontként a Napot vizsgálták. A rakétákon és műholdakon elhelyezett csillagászati műszerekkel végzett kutatásokat azonban nagyon hamar kiterjesztették a távolabbi, halványabb égitestekre.

A rakétás csillagászat 1946-ban kezdődött, amikor az amerikaiak a németektől zsákmányolt, világháborús V2-rakétát lőtték fel a rajta elhelyezett, ultraibolyában érzékeny detektorral. 1949-ben már a Nap röntgensugárzását is sikerült észlelni, ugyancsak rakétával felküldött érzékelővel. 1962-ben már saját fejlesztésű, Aerobee rakétára helyezett műszerekkel végeztek röntgensugárászati méréseket az amerikaiak. A *Riccardo Giacconi* és *Bruno Rossi* vezette tudományos program keretében eredetileg a Hold fluoreszcens röntgensugárzását akarták kimutatni, amelyet a napsugárzás nagy energiájú fotonjai idéznek elő, de a rakéta hossz tengely menti gyors forgása miatt a detektor a más irányokból érkező röntgensugárzást is észlelte.

Váratlanul egy igen erős röntgenforrást találtak a Skorpió csillagképben, de a Sco X-1 névvel jelölt forrás helyzetét az akkori detektorokkal még nem sikerült pontosan meghatározni. Kezdetben ugyanis csillagászati célra is a fizikai laboratóriumi méréseknél használatos eszközöket alkalmaztak, s ezeknél az irányérzékenység lényegtelen szempont, hiszen az ilyen mérésekhez a kutató maga helyezi el a röntgenforrást a kísérleti berendezés megfelelő helyére. Mivel a Sco X-1 a Nap után a második legerősebb kozmikus röntgenforrásnak bizonyult, nagy meglepetést váltott ki, amikor 1966-ban végre megtalálták az optikai megfelelőjét: egy jelentéktelennek tűnő, mindössze 13 magnitúdós kettőscsillag, a V818 Scorpii sugároz ennyire erősen a röntgentartományban. Ez a megdöbbentő felfedezés egyrészt jól példázza, hogy a földfelszíni csillagászati műszerekkel begyűjthető információk alapján mennyire hiányosan írható le az egyes objektumok viselkedése, más-



részt alaposan felkeltette az érdeklődést a csakis a Földön kívül végezhető röntgenszállagászati észlelések iránt. Hogy a röntgentartomány vizsgálata a szállagászat mennyire fontos részévé vált, az is mutatja, hogy Giacconi úttörő tevékenységéért és tudományos eredményeiért kiérdemelte a fizikai Nobel-díjat (a korábban elhunyt Rossiról pedig egy röntgenszállagászati űrszondát neveztek el).

Az 1960-as években már mesterséges holdak is keringtek a Föld körül, némelyik emberrel a fedélzetén, sőt a Hold meghódítása is javában zajlott. A két világhatalom hidegháború hajtotta űrversenye közepette azonban 1959-től már szinte minden felbocsátott űreszköz fedélzetén szállagászati megfigyelések végzésére alkalmas műszer is volt. Igaz, eleinte ezek elsősorban az eltitkolt nukleáris kísérletek során felszabaduló gammasugárzás detektálására szolgáltak. Maga a felderítés is titkos volt, ezért az amerikaiak által 1969-ben véletlenül felfedezett gammakitörésekről csak négy év késéssel szerezhett tudomást a szállagászközösség. Ma pedig már külön e célra alkotott, speciális űrszondákkal és széles nemzetközi együttműködésben vizsgálják a szállagászok az univerzum eme legnagyobb energiájú jelenségeit.

Kifejezetten szállagászati célú űrszondák 1962-től léteznek. A Nap kutatására szolgáló *OSO* (Orbiting Solar Observatory) sorozat nyolc tagját 1962 és 1975 között bocsátották fel, a szállagok ibolyántúli sugárzását észlelő *OAO* (Orbiting Astronomical Observatory) műholdcsalád második tagja pedig 1968-ban került Föld körüli pályára (az *OAO-1* nem működött).

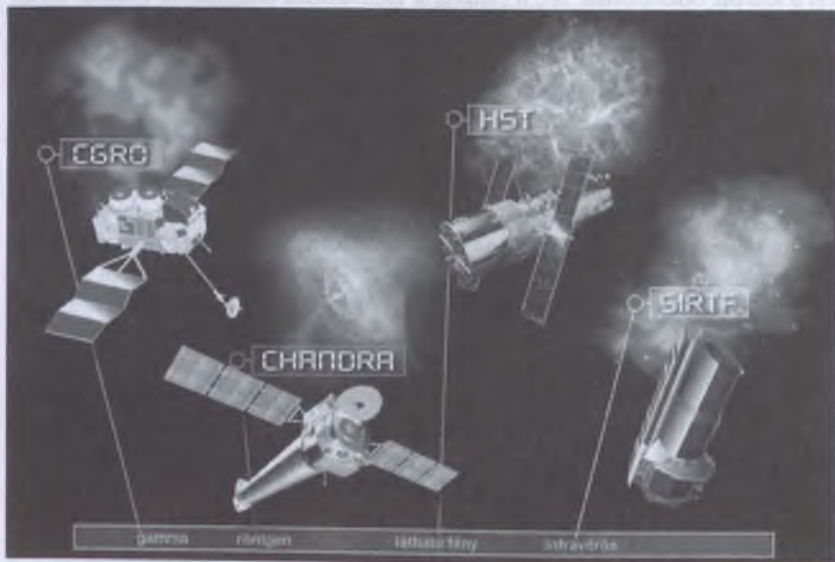
A szállagászat történetében emlékezetes marad az *Uhuru* 1970 és 1973 között végzett tevékenysége: ez az amerikai szonda vizsgálta át elsőként a teljes eget nem optikai források után kutatva, mégpedig a röntgenhullámhosszakon. (Az *Explorer* sorozat 42. tagjaként felbocsátott röntgenszonda furcsa egyedi neve szuahéli szó, amely magyarul szabadságot jelent. Maga az elnevezés onnan ered, hogy az űrszondát Kenya nemzeti ünnepén az Indiai-óceán kenyai partjai mellett horgonyzó San Marco-platfomról indították.) Az akkor még viszonylag gyenge felbontású röntgentérképen szereplő több száz forrás közül rengeteg bizonyult változó erősségűnek az *Uhuru* több mint két évet átfogó mérései során.

A földfelszínről nem vizsgálható más hullámhossztartományok esetében is az égbolt feltérképezése volt az elsődleges feladat. Az infravörös színeképtartományban ezt az *IRAS* (InfraRed Astronomical Satellite) hajtotta végre 1983-ban, a gammasugárzás tartományában az 1991-ben pályára került *Compton* (CGRO), és némileg meglepő módon az ibolyántúli színeképtartományban végzett alapos égfelmérés maradt utoljára (*GALEX*, 2003-tól). (Az ibolyántúli színeképtartományban végzett korábbi égboltfelmérés során az

1970-es évek elején mindössze 31000 forrást sikerült detektálni.) Az IRAS égfelmérése azért is nevezetes, mert az annak eredményeként kapott katalógusok képezték az első igazán nagy számítógépes adatbázist a csillagászat történetében.

A huzamosabb ideig működő, illetve a hasonló hullámhosszú sugárzást észlelő, egymást követő űrszondák mérései alapján vizsgálhatóvá vált a források változékonysága is. A szondák teljesítőképességének (szögfelbontás, érzékenységi küszöb) fokozásával az egyes hullámhossztartományokban észlelhető „háttérsugárzás” szintje is egyre alacsonyabbra került, a tökéletesebb eszközökkel észlelve ugyanis kiderült, hogy amit korábban háttérsugárzásnak véltek, az rengeteg egészen távoli, kis intenzitású forrás egybemosódó jele – kivéve persze a kozmikus mikrohullámú háttérsugárzást.

Az űrcsillagászat első évtizedeiben természetes törekvés volt, hogy egyre nagyobb távcsöveket küldjenek a Földre kívülre, és ezt egy ideig pénzügyi szempontok is alig korlátozták. Ennek szellemében született meg a NASA Nagy Obszervatóriumok programja, amely a közeli-infravörös, optikai és közeli-UV hullámhosszakon észlelő *Hubble-űrtávcsövet*, a *Compton gammaobszervatóriumot*, a *Chandra* röntgenobszervatóriumot és az infravörös tartományt vizsgáló *Spitzer-űrtávcsövet* foglalja magában (4. ábra).



4. ábra. A NASA négy Nagy Obszervatóriuma: a CGRO, a Chandra, a HST és a Spitzer (SIRTF).

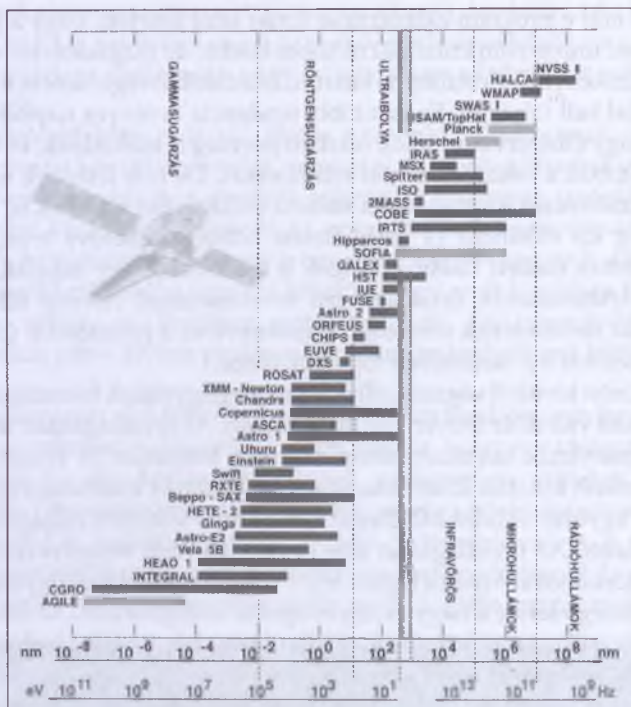
Azonban már e program előkészítése során látni lehetett, hogy a jövő útja nem ez – az univerzum kutatását olcsóbb, kisebb, de magasabb technológiai szintű, érzékenyebb és bizonyos kutatási feladatok elvégzésére optimalizált szondákkal kell folytatni. Ez az utóbbi tendencia érvényes napjainkban is, noha a Nagy Obszervatóriumok részben jelenleg is működnek, és tökéletesen beváltották a hozzájuk fűzött reményeket. De már léteznek és ugyancsak eredményesek az utazótáska méretű csillagászati szondák is, amelyek viszonylag kis előállítási és működtetési költsége lehetővé tette, hogy a nagyhatalmak mellett kisebb országok is (önállóan, vagy másokkal összefogva) folytathassanak űrcsillagászati tevékenységet. A nem földfelszíni csillagászat történetének fontosabb eseményeit és a jelentősebb űrcsillagászati missziókat a 2. táblázatban foglaljuk össze.

A légkörön kívülről végzett csillagászati megfigyelések fokozatosan meghatározókká váltak az univerzum kutatásában. Az űrcsillagászati tevékenység részarányának számszerűsítése azonban lehetetlen és értelmetlen is, mert a konkrét kutatásokban és az egyes eredmények elérésében egyre szorosabb az együttműködés a földfelszíni és az űrbe telepített csillagászati műszerek között. Az űrcsillagászat léte egyáltalán nem veszélyezteti a földi obszervatóriumokat – még a légkör felett végzett optikai megfigyelések sem teszik szükségtelenné a hagyományos optikai csillagászatot. Az űrszondákkal végzett csillagászati kutatások ráadásul nem jelentették a ballonos és repülőgépes csillagászat végét sem.

Ballonokra szerelt csillagászati műszerekkel elsősorban a mikrohullámú sugárzást tanulmányozzák a háttérsugárzás térbeli eloszlásának pontos meghatározására, a repülőgépes csillagászati obszervatóriumok pedig az infravörös színeképtartomány vizsgálatára specializálódtak. Alkalmazásukat elsősorban viszonylagos olcsóságuk indokolja – ugyanakkora távcső felbontása és működtetése a légkörön kívül nagyjából tízszer többbe kerülne. De további előnyök is említhetők. A ballonra szerelt mérőberendezés többször is használható, a műszerek esetleges hibája a ballon visszatérése után a felszínen javítható, sőt még súlykorlát sincs, mert megfelelően nagy térfogatú ballonnal egészen nagy tömegű és/vagy méretű eszköz is feljuttatható a sztratoszférába. Például a 800 ezer köbméter térfogatú *BOOMERANG* ballon 1998 óta többször is 37 km magasba vitte a mikrohullámú háttérsugárzás anizotrópiájának vizsgálatára szolgáló másfél tonnás teleszkópot. A ballonok anyaga ma már lehetővé teszi, hogy heteken át a magasban tudja tartani a rászertelt észlelőberendezést.

A *BLAST* (Balloon-borne Large-Aperture Submillimeter Telescope) nemzetközi összefogással készült, ballanon repülő 2 m-es Cassegrain-távcső. A 250, 350 és 500 mikrométeres hullámhosszon készít 30, 42 és 60 ívmásod-





5. ábra. A legfontosabb űrtávcsövek érzékelési hullámhossztartománya.

perces felbontású felvételeket 270 bolométer detektorával. Eddig két sikeres repülése volt: 2005-ben az Arktiszról felbocsátva (4 napig volt fent), 2006-ban pedig az Antarktiszról (11 nap). A harmadik, 2009-es mérései során már a szubmilliméteres sugárzás polarizációját is érzékeli majd. Fő feladata a Tejútrendszer csillagképződési helyeinek vizsgálata, a csillagközi anyag sugárzásának, galaxisok vörösetolódásának és a kozmikus háttérsugárzás megfigyelése.

Egy vadonatúj repülőgépes csillagászati obszervatórium, a *SOFIA* (Stratospheric Observatory for Infrared Astronomy) – több éves késéssel – mostanában kezdi működését. A rakétás csillagászat viszont kétségtelenül háttérbe szorult a rövid ideig tartó repülés által korlátozott mérési idő miatt (5. ábra).



## Az űrtávcsövek elhelyezése

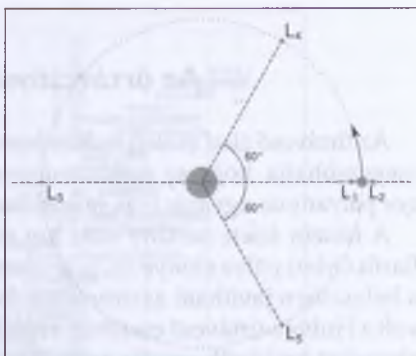
Az űrtávcső által észlelt hullámhossztartomány és a kutatási feladat már megszabhatja, hogy az eszköz milyen pályára kerüljön. A számos lehetséges pályatípus ugyanis más-más előnyökkel és hátrányokkal jár.

A felszín felett néhány száz km magasságban húzódó, ún. *LEO* (Low Earth Orbit) pálya előnye az, hogy az azon keringő űreszköz szükség esetén a helyszínen javítható asztronauták bevonásával – ilyesmire nagy szükség volt a Hubble-űrtávcső esetében a főtükör csiszolási hibája és az elavult vagy elromlott eszközök cseréje miatt. Ugyanakkor kedvezőtlen, hogy a gyors (nagyjából másfél órás periódusú) keringés miatt bonyolult az észlelések tervezése és végrehajtása, és a Föld közelsége is zavaró lehet.

Magasabb pályára azokat a csillagászati szondákat érdemes telepíteni, amelyek méréseit a földi magnetoszféra zavarja. Ilyenek a nagy energiájú (röntgen- és gamma-) sugárzást vizsgáló űrszondák. A *HEO* (High Earth Orbit) pályán keringő szondák százezer km-re is eltávolodhatnak a Földtől. E pályák további előnye az, hogy a hosszabb keringési idő egy-egy objektum huzamos – akár több napig tartó – megfigyelését is lehetővé teszi. Korábban, amikor e rövid hullámhosszakon még gyenge volt a csillagászati műszerek irányérzékenysége, az is a HEO pálya előnyének számított, hogy az elnyúlt elliptikus pálya lehetővé tette azt, hogy a Hold átmenetileg olyan területeken is elfedjen a szonda felől nézve a látóirányban mögéje kerülő objektumokat, amelyeken a Földről nézve nem következik be Hold-fedés. A szonda és a Hold pályájának ismeretében a fedés időpontjából pontosan meg lehet határozni az eltakart égitest koordinátáit. Szerencsére ma már nincs szükség ilyen „trükkre”, a források pontos égi pozíciója közvetlenül is meghatározható. A HEO pálya ugyancsak előnyös rádiócsillagászati méréseknél, ha VLBI-mérések esetén az alapvonal egyik végpontja (azaz az interferometriai észlelésekben részt vevő egyik rádióteleszkóp) a világűrben van.

A távközlési célú mesterséges holdak mellett a csillagászati szondákat is érdemes *geostacionárius* pályára telepíteni. A felszíntől 36 000 km magasságban, az egyenlítő fölött 1 napos periódussal keringő űreszköz bármely földi pontból nézve mozdulatlanak tűnik, ami egyszerűbbé teszi a kapcsolattartást az ilyen holddal. Ez különösen az obszervatóriumként működő űrszondáknál jelent előnyt. *Űrobzervatórium*nak az az űrszonda tekintendő, amelynél az észlelési időt pályázati úton lehet megszerezni, mint a jelentősebb földi obszervatóriumoknál. Az észlelő – akinek számára a szonda ép-

pen végzi a megfigyelést – a földi irányítóközpontból a szakszemélyzet segítségével tudja vezérelni az észlelési folyamatot. A geostacionárius pályán keringő obszervatóriumok közül a legismertebb a 18 éven át UV-színképek készítését végző *IUE*, amellyel a nap 16 órájában a NASA Goddard Űrközpontból (Baltimore, Maryland), 8 órán át pedig az ESA spanyolországi Villafraña del Castillo-ban levő irányítóközpontjából tartották a kapcsolatot.



6. ábra. A Nap és egy bolygója rendszer öt librációs pontjának helyzete.

Újabb keletű a csillagászati célú űreszközöknek a Nap-Föld rendszer valamelyik *librációs pontjába* telepítése (6. ábra). Az öt lehetséges librációs (vagy Lagrange-) pont közül négy jöhet szóba csillagászati megfigyelések esetén: a Napot a Földdel összekötő egyenes mentén a Földtől 1,5 millió km-rel a Nap felé levő L1 pont, ugyanezen egyenes mentén a Földtől ugyanennyivel kifelé levő L2, valamint a Föld pályája mentén a Föld előtt illetve mögött 60 fokkal levő L4 és L5 pontok. A belső (L1) és a külső (L2) Lagrange-pontok esetén az űrszondát nem pontosan ezekbe a pontokba telepítik, hanem a pontok körüli kis sugarú, ún. halópályára (de Lissajous-pályaként is hivatkoznak erre). Ez nemcsak stabilabb, de más előnyei is vannak. Az L1 pont körül napkutató szondák (pl. a *SOHO*) működnek. Mivel a megfigyelési adatok a szondától fénysebességgel érkeznek a Földre, hamarabb tudomást szerezhetünk a Naptól felénk tartó részecskeeseményekről, a napszél ugyanis lassabban ér ide, mint a róla információt hordozó elektromágneses sugárzás. Itt a halópálya azért előnyös, mert ha a szonda pontosan a belső Lagrange-pontban lenne, a Nap állandóan a szonda háttérében látszana, és a csillagunk elektromágneses sugárzása „zajként” rakódna a szonda antennája által a Földre sugárzott jelre.

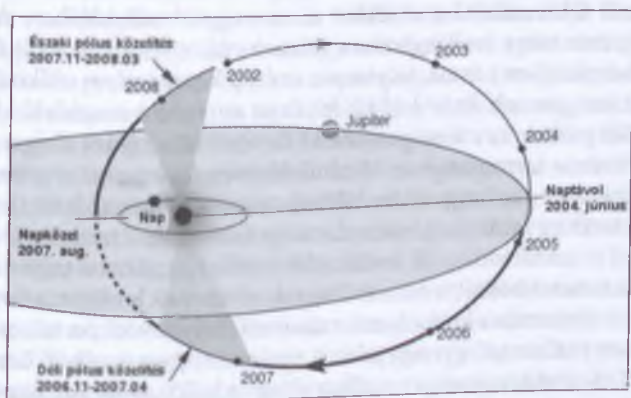
A pontosan a külső Lagrange-pontba telepített szonda esetében pedig a Föld eltakarná a Napot, ezért nem lehetne napelemekkel biztosítani a szonda energiaellátását. Itt pedig emiatt is előnyös a halópálya, nemcsak annak stabilitása miatt. Az L2 pont körül keringő csillagászati szondák számára a környezeti hőmérséklet egészen alacsony, egyszersmind stabil, és a Föld is elég távol van ahhoz, hogy egyáltalán ne zavarja a méréseket. Ilyen pályán működik a *WMAP* szonda, és a tervek szerint oda telepítik az *ESA GAIA* nevű asztrometriai szondáját (várhatóan 2011-ben), valamint a

Hubble-űrtávcső utódjaként emlegetett *Webb-űrtávcsövet* is (2013-nál nem hamarabb).

Az L4 és L5 pontok felé haladó szondapár, a *STEREO* a Nap és a belső helioszféra háromdimenziós vizsgálatára képes. A Föld pályája menti Lagrange-pontot úgy lehet egyszerűen elérni, hogy a szondát a Földdel majdnem egyező pályára küldik. Ha a keringési periódus kicsit hosszabb 1 évnél, a szonda lemarad, és a Földet követő Lagrange-pont felé sodródik. Egy évnél kicsit rövidebb periódus esetén pedig a szonda a vezető Lagrange-pont felé előresiet a Földhöz képest.

Az 1 évvel nem pontosan egyező periódusú heliocentrikus pályának más előnyei is vannak. A jelenleg is működő *Spitzer* űrobszervatórium számára például azért választották a Földet követő pályát, mert a bolygónktól egyre jobban lemaradó szonda műszereivel végzett infravörös tartománybeli méréseket nem zavarja maga a Föld, a szonda és környezete megfelelően alacsony hőmérsékletű, ezért a hűtőanyag lassabban fogy, végül pedig a passzívvá váló űreszközt nem kell megsemmisíteni, hiszen úgyis eltávolodik tőlünk. A tervek szerint 2009 februárjában indítandó Kepler-űrtávcső szintén Nap körüli pályára kerül, 372 napos keringési periódussal. Lassan távolodik majd a Földtől, kb. 25 év múlva a Nap túlsó oldalára, a földpálya L3 pontja közelébe kerül, 300 millió km-re tőlünk.

Előfordul, hogy a nem a Föld körül keringő űreszközök megfelelő pályára helyezéséhez más bolygók vagy holdjaik gravitációs hatását is igénybe veszik. Az ilyen hintamanőver jelentősen csökkenti a misszió üzemanyag-igényét, így költségeit is. Csillagászati szempontból a legemlékezetesebb a Nap poláris vidékeit is vizsgáló *Ulysses* lendítéssel *pályája*: ezt az űrszondát



7. ábra. Az *Ulysses* szonda Nap körüli harmadik keringése.



nem a Nap, hanem a Jupiter felé indították, hogy aztán az óriásbolygó tömegvonzása kilendítse az Ulysseszt az ekliptika síkjából (7. ábra). Hasonló, nagy pályahajlású szonda (POLARIS) indítását tervezik ESA–NASA együttműködés keretében 2015 körül.

Terjedelmi korlátok miatt a Naprendszer bolygóihoz és kisebb égitesteihez küldött űrszondák sajátosságaira, pályáikra, műszereikre és az azokkal kapott eredményekre e cikkben nem térhetünk ki.

### Az űrtávcsövek néhány sajátossága

Ahogy a Föld felszínén működő fontos csillagászati távcsövek – nemcsak a legnagyobbak – között nincs két egyforma, akár optikai jellemzőit, akár műszerezettségét tekintve, ugyanúgy az űrtávcsövek is mind egyediek. A változatosságot az is fokozza, hogy az elektromágneses szinkép egyes tartományait nem is lehet az optikai távcsövekhez hasonló eszközökkel felfogni. Az űrtávcsövek sajátosságait ezért a vizsgált hullámhossztartomány szerint érdemes áttekinteni.

Rádiótávcsövek elsősorban a Földön működnek, mivel a kozmoszból származó, néhányszor 10 méternél rövidebb hullámhosszú rádiósugárzás zavartalanul lejut a felszínre. Az ennél kisebb energiájú rádióhullámok az ionoszféra tetejéről visszaverődnek – de ugyanez a hatás teszi lehetővé a közönséges rádiózást a rövid-, közép- és hosszúhullámokon. Rádiócsillagászati célú űrtávcsöveket elsősorban a nagyon hosszú alapvonalú interferometriai (VLBI) mérések bázistávolságának növeléséhez használnak a nagyméretű földi rádiótávcsövekkel szoros együttműködésben. Az észlelendő sugárzás nagy hullámhossza miatt a rádiótávcsövek gyűjtőfelülete nem szükségszerűen tömör, folytonos, ezért a kozmoszban működő rádioteleszkópokat „összehajtvá” küldik fel, és az antenna a megfelelő időben és helyen földi parancsra csomagolódik ki és veszi fel a kívánt alakot.

Az infravörös tartományban történő észlelés sajátossága, egyben legnagyobb nehézsége az, hogy az észlelőberendezés hőmérsékletét (a távcsőt és a detektorét egyaránt) egészen alacsony értéken kell tartani. A szobahőmérsékletű és annál hidegebb testek hőmérsékleti sugárzása ugyanis főként infravörös fotonokból áll, s ha a műszerek nincsenek lehűtve, akkor a saját sugárzásuk elnyomja a kozmikus forrásoktól (bolygóközi portól, csillagközi anyagtól stb.) származó gyenge jelet. Az infravörösben érzékelő űreszközök működési ideje akkor ér véget, amikor elfogy a hűtőanyag, ami napjainkban általában cseppfolyós hélium (azzal 4 K közelébe húzható a teljes ész-



előberendezés). A hűtőanyag felhasználása után már csak a közeli infravörösben lehet használható méréseket végezni az űreszközökről. A hőmérsékleti környezet szempontjából ezért előnyös, ha az infravörösben érzékelő űrtávcső nincsen egészen közel a Földhöz.

Az optikai csillagászati mérésekre szolgáló űrtávcsövek között is akad különlegesség, melyek közül itt csak egyet említünk: a *Hipparcos* asztrometriai űrmisszió tükrét. Az asztrometriai mérések során az égitestek egymáshoz viszonyított helyzetét határozzák meg. A nagyon eltérő irányokban látszó égitestek közötti koordinátakülönbséget már csak azért sem lehet pontosan meghatározni, mert a légköri refrakció megváltoztatja a fényforrások látszó irányát a valódi helyzetükhöz képest, és a nehézségi erőterben maga a távcső is enyhe mechanikai deformációknak van kitéve, ha más-más irányba néz. A súlytalanság állapotában a légkörön kívül mozgó űrtávcsőnél e két zavaró hatás egyike sem lép fel, így két nagyon eltérő irányú csillag pozíciókülönbségét is egészen pontosan meg lehet határozni. A két irány egyidejű vizsgálatát úgy érik el, hogy a főtükröt egy átmérője mentén kettévágják, és a két fél tükröt úgy rögzítik egymáshoz, hogy az optikai tengelyük megfelelően nagy szöget zárjon be egymással. A *Hipparcos* tükrénél ez a szög 29 fokban volt, így a szonda detektorai egymástól 58 fokra levő égterületeken levő források helyzetét érzékelték. A félbevágott távcsőoptika ötlete nem egészen új: a 19. században kettéfűrészelt lencsét tartalmazó távcsővel (ezt nevezik heliométernek) határozták meg a Nap átmérőjét, és az első csillagparallaxis-meghatározás (61 Cygni – F. W. Bessel, 1838) is heliométeres pozíciómérés alapján történt.

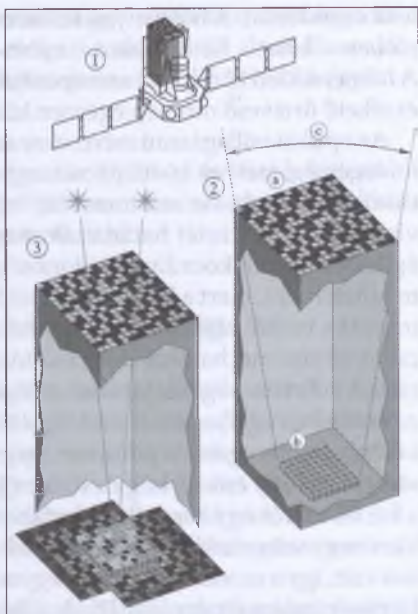
A csillagászati űrmissziók még viszonylag kis távcső esetén is drágák. A költségcsökkentés egyik lehetséges módja a felbocsátandó eszközök tömegének visszafogása. Részben ezért működnek kis átmérőjű távcsövek az űrben. Egy távcső tömege azonban úgy is lényegesen csökkenthető, hogy a tükröt nem hagyományos optikai alapanyagokból (üvegből, kerámiából) készítik, hanem az egészen kis fajsúlyú berilliumból. Igaz ugyan, hogy a berillium nagyon drága, de a távcső össztömegének redukálásával alaposan lecsökken a felbocsátás és a működtetés energiaigénye, amitől végeredményben olcsóbbá válik a misszió. Berilliumtükröt tartalmaz(ott) például az IUE és a Spitzer űrobszervatóriumok távcsöve, és a James Webb űrteleszkóp hatalmas tükre is e könnyűfémből készül.

Az optikainál jóval nagyobb energiájú távoli-ultraibolya fotonok reflektálására a tükrök felületén levő alumíniumréteget lítium-fluoriddal (LiF), egészen rövid hullámhosszú fotonok észlelésére pedig szilícium-karbiddal (SiC) vonják be. A 90–120 nm közötti UV-tartományt érzékelő FUSE (Far Ultraviolet Spectroscopic Explorer) négy szegmensből álló tükre közül ket-

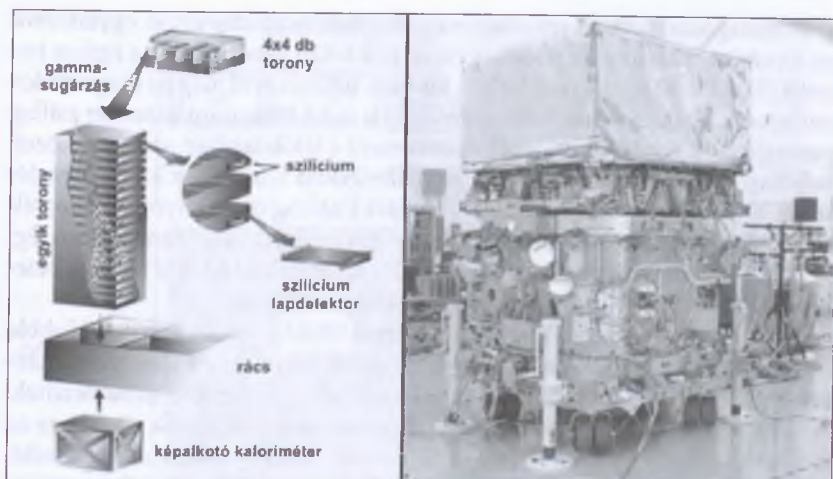
tónél LiF, a másik kettőnél pedig SiC bevonat biztosítja a jó hatásfokú visszaverődést. Még nagyobb fotonenergiák esetén már semmilyen bevonat sem segít: a beeső fotonok a tükör felületén áthatolva, részecskéként viselkedve elnyelődnek a tükör anyagában.

A röntgenszállagászat akkor indult rohamos fejlődésnek, amikor sikerült megoldani az ilyen nagy energiájú fotonok összegyűjtését és leképezését is. A röntgensugarak visszaverődése ugyanis súroló beeséssel elérhető. Ahogyan a lapos szög alatt elhajított kavics visszapatann a víz felszínéről („kacsázik”), a tükör felületét súroló röntgenfoton is visszaverődik, megfelelő optikai elrendezéssel pedig kép is alkotható a fókuszált röntgensugarakkal. A leképező röntgentávcső (Wolter-távcső) részletes ismertetése Szatmáry Károly és szerzőtársainak cikkében található. [12]

A gammasugarak esetében viszont már ez a fogás sem válik be, ezért még napjainkban is elnyeletéssel végzik a gammafotonok detektálását üreszközökön. Annál érzékenyebb a „gammatávcső”, minél nagyobb a gammaérzékenlő térfogata illetve tömege. Emiatt a gammacsillagászat különösen költséges. A helyzetet még az is nehezíti, hogy az elnyeletéssel való detektálás során csak nagyon pontatlanul lehet megállapítani a foton beérkezési irányát. Azonban már léteznek módszerek a gammacsillagászati képalkotásra vonatkozóan is. A kódolt maszkolási technika során éppen azt használják ki, hogy a gammasugarak nem törnek meg és nem verődnek vissza, egyenes vonalban terjednek. A detektor elé kb. 1–2 méterre egy speciális mintázatú maszkot helyeznek el, amely egyes részein átengedi, máshol teljesen elnyeli a gammafotonokat (8. ábra). Pontforrás esetén a maszk árnyéka vetül a detektorra, kiterjedt forrásnál a kép több ilyen árnyék eredője. A geometriai elrendezés alapján rekonstruálni lehet az égitest irányát és gamma-sugárzásának intenzitáseloszlását.



8. ábra. Az Integral gammacsillagászati űrtávcső (1) kódolt maszk detektora. (2): a maszk (a) árnyéka a detektoron (b) adott látómező (c) esetén. (3): két pontforrás közös árnyéka a detektoron.



9. ábra. Az FGST (jobbra) és LAT (Large Area Telescope) detektorának szerkezete (balra).

Az FGST (Fermi Gamma-ray Space Telescope, korábbi nevén GLAST) egy különleges, a részecskegyorsítóknál kifejlesztett detektorával (LAT) minden korábbinál nagyobb energiájú gammasugárzást érzékelni tud. A beérkező fotonok egy fémlapba ütköznek, ekkor elektron-pozitron párok jönnek létre, amelyek ezután szilíciumlapokon haladnak át, elektromos jeleket keltve (9. ábra). Az elektronok és pozitronok áthaladásának nyomaiból az eredeti gammafotonok beesésének iránya kb. ívperc pontosan meghatározható. A részecskék végül cézium-jodid rudakat tartalmazó kaloriméterbe jutnak, ahol szcintillációs felvillanást okoznak. A fényt fotodiódákkal elektromos jellé alakítják át, amely végül a gammafotonok energiájával lesz arányos.

## Együttműködés földi és űrtávcsövek között

Aligha vitatható, hogy a tudományos kutatás területén a csillagászatban a legkiterjedtebb a nemzetközi együttműködés. Az űrtávcsövek megjelenése a tudományos kooperáció új útjait nyitotta meg. Az eredményesség érdekében szinte már követelmény, hogy a vizsgált égitestet vagy kozmikus jelenséget minden lehetséges hullámhosszon észleljék, ami viszont egyetlen távcsővel nem is valósítható meg. Az alábbiakban néhány példát mutatunk be a földi és űrtávcsövek közötti együttműködésre, illetve a több űrtávcső bevonásával végzett kutatásokra.



A csillagászati észlelések sikerének előfeltétele az objektum egyértelmű azonosítása. Halvány forrásnál egészen pontosan ismerni kell az égitest koordinátáit. Gondoljunk csak bele: a Hubble-űrtávcsővel még 30 magnitúdós csillagot is lehet észlelni! A Hipparcos által mért több mint százezer csillag pontos koordinátáihoz jól lehet viszonyítani a látóirányban azokhoz közeli halvány objektumokat, és ugyancsak kiterjedten használják a HST vezetésének elősegítésére összeállított Guide Star Catalog-ot, amelynek újabb változatában, a GSCII-ben már majdnem egymilliárd objektum pontos égi pozíciója és fényessége szerepel. E katalógusok nélkül nem is lehetne belekezdeni komolyabb űrcsillagászati kutatási projektekbe.

A Hubble-űrtávcsőnél maradvá megemlíthető a mélyvizsgálat (Hubble Deep Field), amelynek tudományos eredményein felbuzdulva más űrtávcsövekkel (Chandra, Spitzer) is hasonló jellegű mélyvizsgálatokba kezdtek. A legtávolabbi galaxisok észlelésére irányuló mélyvizsgálatok sikeréhez az is hozzájárult, hogy a kiegészítő észlelésekbe – főként spektrumok készítéséhez – a földi óriástávcsöveket is bevonták. Egészen más jellegű együttműködés eredménye az, hogy a Mars bolygó felszínét vizsgáló Spirit és Opportunity robotszondák leszállási helyét a HST Mars-észlelései alapján választották ki.

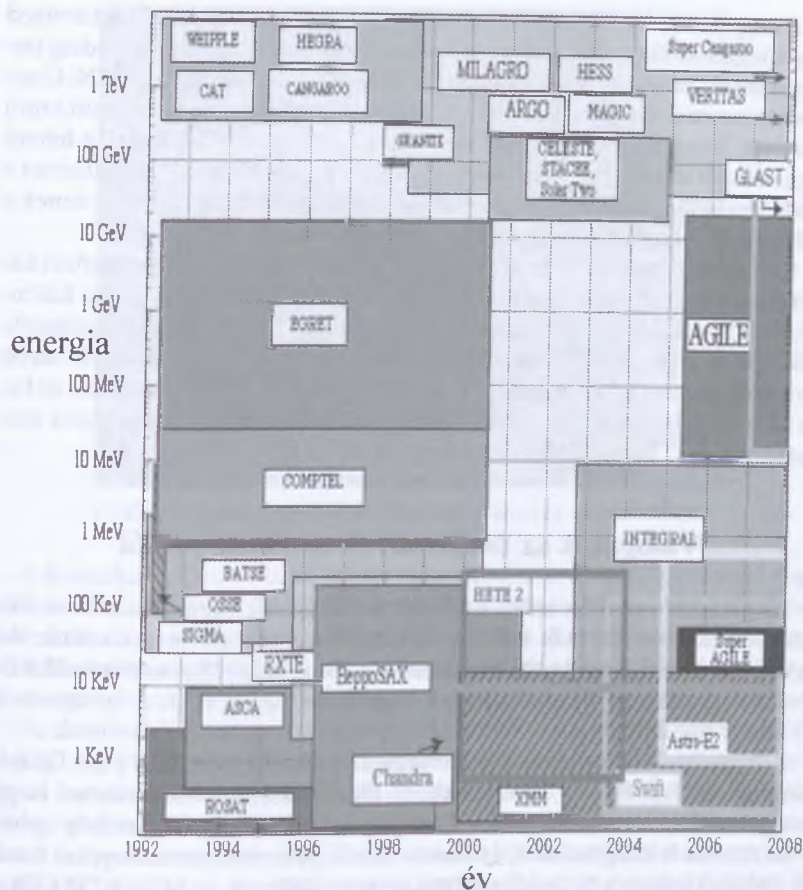
Egyidejű észlelésekre is bőven akad példa. A közelmúltban fejezte be a működését a japán HALCA rádiócsillagászati űrszonda, amely néhány földi rádióteleszkóppal együtt nagyon nagy bázisvonalú interferometriai méréseket végzett főleg kvazárok központi vidékeinek nagy térbeli felbontására.

Űrtávcsövek közötti párhuzamos észlelésre példa a naprendszerbeli bolygószondák gammadetektorainak egyidejű mérései, amelyekkel sikerült egyértelműen kizárni, hogy a gammakitörések csillagászati értelemben közről, a Naprendszer környezetéből származnak.

Az amerikai Chandra és az európai XMM-Newton röntgenszondák szinte egyszerre kerültek pályára, így a szovjet–amerikai űrverseny elmúltával egyfajta NASA–ESA vetélkedés keretében akár vetélytársaknak is tekinthetjük őket. A tudósok azonban kevésbé hajlamosak a politikusi szemlélet átvételére, így inkább a két röntgenobszervatórium együttműködési lehetőségeit keresik. Annál is inkább, mert a két űrmisszió jól kiegészíti egymást: a Chandra jobb szögfelbontásával a képalkotás terén eredményesebb, az XMM-Newton spektrográfjaival pedig jobb minőségű röntgenszínképek kaphatók.

Eltérő hullámhossztartományban működő szondák együttműködésére példa az IUE és a ROSAT 1990-es évek elején végzett közös égboltfelmérése az ultraibolya illetve röntgentartományban. Napjainkban pedig a gammakitörések forrásainak azonosítása az utófény több hullámhosszú megfigyelésével ugyancsak szervezett együttműködés eredménye.





10. ábra. A röntgen- és gammatartományban érzékelő eszközök (a 300 GeV felettiek földi Cserenkov-távcsövek).

Azt is egyfajta együttműködésnek lehet tekinteni, ami a *RHESSI* röntgen-szondához kapcsolódik. A Nap nagy energiájú viselkedését követő űrszonda tudományos programja lehetővé teszi, hogy minden évben néhány napig más irányba forduljanak a szonda röntgendetektorai. Ennek eredményeként a *RHESSI*-nek köszönhető a Rák-kód és az azt gerjesztő pulzár eddigi legrészletesebb röntgenvizsgálata. Itt a napfizika kooperál az asztrofizikával.

A nagyenergiájú sugárzás vizsgálata a csillagászatban az utóbbi két évtized egyik legdinamikusabban fejlődő területe (10. ábra). A nagyon rövid ideig tartó gammakitörések (GRB-k) megfigyelésére létrehozott hálózat (GCN: Gamma-ray bursts Coordinates Network [http://gcn.gsfc.nasa.gov/gcn\\_main.html](http://gcn.gsfc.nasa.gov/gcn_main.html)) feladata, hogy ha egy űrteleszkóp felfedez egy ilyen felvillanást, a lehető legrövidebb idő alatt riassza a többi gamma- és röntgenműholdat valamint a földi obszervatóriumokat, hogy ráálljanak az objektumra. Az FGST ennek a hálózatnak a legújabb és egyik legértékesebb tagja.

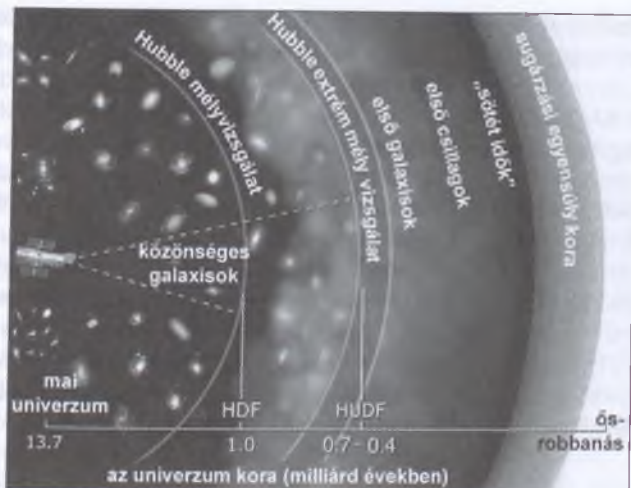
Különösen érdekes és hasznos, ha egy objektumról több űrtávcsővel készítenek képet. A különféle hullámhossztartományokban ugyanis a különböző hőmérsékletű objektumok dominálnak. Minél forróbb csillagok, csillagközi anyagfelhők eloszlását akarjuk feltérképezni, annál rövidebb hullámhosszon kell végeznünk a megfigyelést. Két példát mutatunk itt be: az M51 spirálgalaxisról (11. ábra SZINES) és a Kepler-féle szupernóva maradványáról (12. ábra SZINES) készült képet.

## Válogatás az űrtávcsövek eredményeiből

Az űrtávcsövek méréseiből született eredmények felsorolása sok-sok kötetet megtöltene. Itt csak néhány fontosabbat említünk meg közülük. Az egyes teleszkópok honlapjain tájékozódhat az érdeklődő a részletekről. Különösen gazdag az új eredmények bemutatásában a HST, a Spitzer és a Chandra honlapja.

A Nap űrteleszkópokkal történt vizsgálatairól Kálmán Béla [7], a GRB-k megfigyeléséről Bagoly Zsolt cikkében [3] olvashatunk. Öröndötes, hogy magyar csillagászok, fizikusok is bekapcsolódtak számos űrteleszkóp mérési adatainak feldolgozásába, és nemzetközileg elismert eredményeket értek el. Például infravörös űrcsillagászati csoport dolgozik az MTA KTM Csillagászati Kutatóintézetében (<http://www.konkoly.hu/KISAG/>), többen foglalkoznak a GRB-ekkel, a Szegedi Tudományegyetemen a Swift UVOT-teleszkópjának egyes szupernóvákról készült felvételeit is felhasználják.

A HST egyik fő feladata volt a Hubble-állandó értékének pontosítása. A galaxisok távolságát a bennük lévő pulzáló cefeida változócsillagok alapján mérték meg. A Hubble-állandóra  $H = 70 \pm 7$  km/s/Mpc értéket határoztak meg. A Hubble Ultra Deep Field (HUDF) program során igen hosszú expozíciós idővel különösen halvány, nagy vöröseltolódású, nagyon távoli galaxisokat és kvazárokat vizsgáltak infravörös tartományban. Ezekre a képeken az ősrobbanás után 400–700 millió évvel kialakult objektumokat is láthatjuk, így az akkori univerzum tanulmányozható (11. ábra).



11. ábra. A Hubble Deep Field és Ultra Deep Field mélyvizsgálat skálája

A kozmikus mikrohullámú háttérsugárzás (CMB) feltérképezésével foglalkozott a COBE és a WMAP űrszonda (hamarosan a Planck még részletesebb intenzitáseloszlás-térképet szolgáltat majd). Az eredményekből arra következtettek, hogy az univerzum átlagsűrűsége nagyon közeli a kritikus sűrűséghez, azaz a téridő geometriája közel sík.

Az űrteleszkópok alapvető szerepet játszanak a ma még rejtélyes „sötét anyag” és „sötét energia” kimutatásában. A nem látható, sötét anyag gravitációs hatását csak közvetve sikerült meghatározni (pl. spirálgalaxisok rotációs görbéjének vagy a galaxisok halmazbeli mozgása alapján). A nagyon távoli Ia típusú szupernóvák HST-felvételei, a háttérsugárzás mintázatának a WMAP szondával meghatározott méreteloszlása és a galaxishalmazok több űrtávcsővel történt vizsgálata alapján arra következtettek, hogy az univerzum jelenleg gyorsulva tágul. Ennek magyarázatára vezették be a sötét energia fogalmát, amely a gravitációval ellentétes, taszító hatásért lenne felelős. A sötét energia, a gyorsuló tágulás megfigyelésekből való kimutatása a közelmúltban sikerült Szapudi Istvánnak és munkatársainak.

Meglepő, új eredmény volt a galaxishalmazokban lévő nagy mennyiségű forró intergalaktikus hidrogéngáz felfedezése, amit a röntgentartományban működő űrtávcsövekkel mutattak ki. Szintén a nagyenergiájú sugárzást érzékelő műszereknek köszönhető az aktív galaxismagok (AGN) és kompakt csillagokat tartalmazó kettős rendszerek tulajdonságainak jobb megértése.

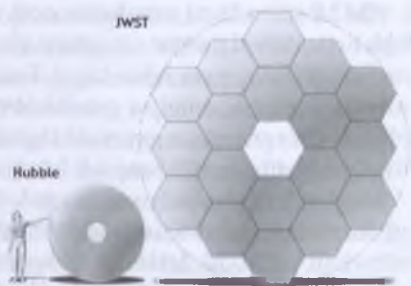


A más csillagok körüli bolygók, az exobolygók felfedezésében és megfigyelésében is jeleskednek az űrteleszkópok. A CoRoT egyik fő feladata a csillagjuk előtt átvonuló exobolygók keresése kismértékű, periodikus fényességszökkenés észlelésével. A HST-vel számos ilyen fedést mértek meg, a földi megfigyeléseknél pontosabban. A csillag színeképét rögzítve akkor, amikor nincs előtte a bolygója, majd akkor, amikor átvonul előtte, következtetni lehetett a bolygó légkörének kémiai összetételére, hiszen utóbbi esetben a bolygólégkör elnyelési színeképvonalai ráakódnak a csillag spektrumára. A Spitzer infravörös felvételei nagyon fontosak, ugyanis az exobolygók e hullámhossztartományban a legfényesebbek. Több esetben sikerült kimutatni a másodlagos fedést, azt az elhalványulást, amikor a csillag takarja el a bolygóját. Az egyik exobolygónál még azt a csekély fényességváltozást is megmérték, ami a csillag körüli keringés során abból adódik, hogy a bolygó csillag felé mutató oldala forróbb, így fényesebb.

## A jövő terveiből

Nagyon sok űrtávcsövet terveznek a következő évtizedre. Szinte minden hullámhossztartományban az eddigieknél nagyobb fénygyűjtő felületet alkalmaznak és jobb szögfelbontást érnek majd el. A legnagyobb szabású terv a HST utódának tartott JWST, amelynek 6,5 m-es főtükre 18 hatszögletű tükröszegmensből áll (12. ábra). Az L2 pont körül kering majd, a tervek szerint 120 (UV)–10 000 (IR) nanométeres hullámhossztartományban végez megfigyeléseket. Egy ekkora, légkörön túli távcső valószínűleg újabb hatalmas ugrást jelent az égitestekről való ismeretek megszerzésében.

A NASA a *Small Explorer* (SMEX), kis méretű űrtávcsövekre alapozó programjában három új tervet fogadott el megvalósításra. A TESS (Transiting Exoplanet Survey Satellite) hat teleszkópjával csillagjuk előtt időnként elhaladó exobolygókat keresnek. A 2,5 millió legfényesebb csillag vizsgálata során mintegy 1000 exobolygó – közöttük Föld típusúak – felfedezését valószínűsítik. A GEMS (Gravity and Extreme Magnetism SMEX) műszere röntgentávcső lesz, amelynek fő feladata az erősen mágnesezett anyag



12. ábra. A HST és a JWST tükreinek összehasonlítása.



nagy tömegű fekete lyukakba zuhanása során kibocsátott sugárzásának megfigyelése. Az *IRIS* (Interface Region Imaging Spectrograph) naptávcső majd a Nap légkörének mozgásait vizsgálja.

A NASA és az USA Energiaügyi Minisztériumának közös terve, hogy az univerzum anyagának mintegy 70%-át kitevő sötét energia természetét vizsgálja. A *Joint Dark Energy Mission* keretében egy infravörös tartományban működő teleszkópot használnak távoli galaxisokban felfénylő Ia típusú szupernóvák megfigyelésére. Szintén infravörös űrtávcső a *Herschel*, a *SPICA* és részben az *EUCLID*.

A kozmikus mikrohullámú háttérsugárzás intenzitáseloszlásában a miniatúratot a *WMAP* utóda, a *Planck* az eddigieknél nagyobb szögfelbontással tudja felmérni, így részletesebb képet kaphatunk a korai, mintegy 380 000 éves Univerzum anyageloszlásáról. A csillagászok már nagyon várják a *Gaia*-űrtávcső indítását is, amely a Hipparcos asztrometriai műholdnál ezer-szer pontosabban méri majd meg a csillagok pozícióját. A mikro-ívmásodperces szögmérési pontosság sok millió csillag távolságának meghatározását teszi lehetővé parallaktikus elmozdulásuk észlelése alapján. A röntgentartományban is folytatódnak a vizsgálatok: *InFOCUS* (bal-lon), *XEUS*, *EXIST*, *Constellation-X*, *MAXIM*, *HXMT*, itt is az irányérzékenység növelése az egyik fő cél.

Az exobolygók további felfedezésére és tulajdonságainak meghatározására több űrteleszkóp szolgál majd: *Kepler*, *TESS*, *PLATO*, *SIM*, *Darwin*, *TPF*. A korábbi kisméretű „mikroszatelliták” (pl. *MOST*, *WIRE*) után a piciny „nanosatelliták” (pl. *BRITE*) is igen hasznosak lesznek: szerény méretű távcsövek a fényesebb csillagok fotometriai mérésével fontos eredményeket hoznak a változócsillagok vizsgálata során. (Ezekről Kiss László cikkében olvashatunk részletesebben, ugyanebben a kötetben.)

Különleges feladata lesz a *LISA* (Laser Interferometer Space Antenna) „űrtávcsőnek”, amelyet a Föld pályájára juttatnak, mögötte 20 fokkal. Egy óriási, 5 millió km oldalú szabályos háromszög csúcsaiban infravörös lézeres interferométerek helyezkednek majd el. A gravitációs hullámok hatására a három egység egymáshoz viszonyított helyzete, távolsága kissé megváltozik. A gravitációs hullámok közvetlen kimutatása óriási siker lenne. A *LISA* a hosszú periódusú, nagyobb hullámhosszú jelekre lesz érzékeny, míg a földi detektorok (pl. *LIGO*) a rövidebbekre.

2. táblázat

időszak	misszió (zárójelben a felbocsátó állam v. intézmény)	a misszió jellemzői, fő eredményei (Ø a távcső átmérője)
1912	ballon	a kozmikus sugárzás felfedezése
1946	V2 rakéta (USA)	első ibolyántúli színekép (Nap)
1949	V2 rakéta (USA)	a Nap röntgensugárzásának detektálása
1958	Explorer-1 (USA)	a Föld magnetoszférájának felfedezése
1959	Luna-1 (SZU)	a napszél felfedezése
1959–1961	Explorer-7 (USA)	napkutató szonda
1962	Aerobee rakéta (USA)	az első röntgenforrás felfedezése a Naprendszeren kívül
1962–1978	OSO (USA)	napkutató szondák sorozata, 8 indítás, UV-, röntgenészlelések
1967	Vela (USA)	a gammakitörések felfedezése a kém-műhold-család gammatetektoraival
1968	OAQ-2 (USA)	a Föld körül keringő első csillagászati műhold
1970–1973	Uhuru (Explorer-42) (NASA)	az első égboltfelmérés röntgentartományban
1972–1981	Copernicus, OAQ-3 (NASA, UK)	az UV- és a lágyröntgentartomány vizsgálata
1972–1973	SAS-2, Explorer-48 (USA)	a gammatartományt vizsgáló első csillagászati szonda
1972–1973	TD-1 (ESRO, az ESA elődje)	első UV-égboltfelmérés
1974–1995	KAO – repülőgép (NASA)	infravörös észlelések Lockheed C141A repülőgépről, 91 cm Ø
1975–1982	COS B (ESA)	a Tejútrendszer első gammatérképe
1978–1981	Einstein (HEAO-2) (NASA)	az első leképező röntgentávcső
1978–1996	IUE (NASA, ESA, UK)	több mint 100 000 UV-színekép, 45 cm Ø
1979–1981	HEAO-3 (NASA)	keményröntgen- és gammaszínekép
1979–1985	Hakucho (Corsa-B) (Japán)	röntgen, a kváziperiodikus oszcilláció (QPO) felfedezése
1983–1985	Tenma (Astro-B) (Japán)	röntgen, a vas színeképvonalainak vizsgálata
1983	IRAS (USA, Hollandia, UK)	az égbolt első felmérése infravörösben, 57 cm Ø
1983–1986	EXOSAT (ESA)	az UV- és lágyröntgen-tartomány vizsgálata
1987–1991	Ginga (Astro-C) (Japán)	röntgen- és gammatartomány

időszak	misszió (zárójelben a felbocsátó állam v. intézmény)	a misszió jellemzői, fő eredményei (Ø a távcső átmérője)
1989–1993	Hipparcos (ESA)	az első asztrometriai űrszonda, 0,001 ívmásodperc pontosság 118 000 csillagra, 29 cm Ø
1989–1993	COBE (NASA)	a kozmikus mikrohullámú háttér sugárzás első részletes vizsgálata
1989–1998	Granat (Oroszország)	röntgen- és gammatartomány
1990–	HST (NASA, ESA)	2,4 m Ø, infravörös, optikai, ibolyántúli észlelések, az első Nagy Obszervatórium
1990–1999	ROSAT (Németország, UK, USA)	a lágyröntgen-tartomány nagy érzékenységgű vizsgálata, teljes égfelmérés (150 000 forrás), az első égfelmérés extrém UV-ben, 84 cm Ø Wolter
1990–2008	Ulysses (ESA, NASA)	a Nap poláris vidékeinek multispektrális vizsgálata az ekliptika síkjából kitérve
1991–2000	Compton GRO (NASA)	a gammatartomány észlelése, a 2. Nagy Obszervatórium
1991–2001	Yohkoh (Japán, NASA, UK)	a Nap röntgen- és gammatartományban
1992–2001	EUVE (USA)	az extrém UV-tartomány észlelése
1993–2000	ASCA (Japán, NASA)	röntgenszonda, 1,2 m Ø Wolter
1995–1998	ISO (ESA)	célzott észlelések infravörösben, 60 cm Ø
1995–1996	IRTS (Japán)	infravörös, 15 cm Ø
1995–	SOHO (NASA, ESA)	a Nap és a helioszféra több hullámhosszon, üstökösök tömeges felfedezése, L1 pontnál
1995–	RXTE (NASA)	röntgenészlelések nagy időfelbontással
1996–2002	BeppoSAX (Olaszország, Hollandia)	röntgenészlelések, gammakitörés röntgenutófényének első detektálása
1997–	ACE (NASA)	napszél, kozmikus sugárzás, L1 pontnál
1997–2005	HALCA (Japán)	8 m Ø, rádió-interferometria, erősen lapult pálya
1998–	TRACE (USA)	a Nap és a helioszféra több hullámhosszon, nagy időbeli- és szögfelbontás
1998–2004	SWAS (USA)	a szubmilliméteres tartományt vizsgáló első szonda, 55x71 cm Ø

időszak	misszió (zárójelben a felbocsátó állam v. intézmény)	a misszió jellemzői, fő eredményei (Ø a távcső átmérője)
1999–	WIRE (NASA)	(infravörös fotometria, 30 cm Ø, 4 hónapig) optikai fotometria, asztroszeizmológia, 5 cm Ø
1999–	FUSE (USA, Kanada, Franciaország)	távolsági UV, 39x35 cm Ø
1999–	Chandra (NASA)	nagy felbontású röntgenképfelvételek, a 3. Nagy Obszervatórium, elnyúlt pálya
1999–	XMM-Newton (ESA, UK)	röntgenspektroszkópia + képfelvételek + optikai és UV-kamera (30 cm Ø)
2000–2007	HETE-2 (USA, Japán, Franciaország, Olaszország)	röntgen- és gammatartomány, gammakibővítések detektálása
2001–	WMAP (NASA)	a mikrohullámú háttérsugárzás vizsgálata, L2 pontban
2002–	RHESSI (NASA)	napészlelés röntgen- és gammatartományban
2002–	Integral (ESA, NASA, Oroszország)	szimultán gamma, röntgen és optikai, nagy spektrális és térbeli felbontás, elnyúlt pálya
2003–2005	CHIPS (USA)	extrém UV spektrométer
2003–	GALEX (USA)	ultraibolya, 50 cm Ø
2003–	MOST (Kanada)	nagy pontosságú optikai fotometria, 15 cm Ø, mikroszatellita
2003–	Spitzer (NASA)	infravörös, a 4. Nagy Obszervatórium
2004–	Swift (USA, UK, Olaszország)	gamma, röntgen, UV, optikai, 30 cm Ø
2005–	Suzaku/Astro-E2 (Japán, USA)	röntgen, gamma, LEO
2006–	Akari/Astro-F (Japán)	infravörös, 67 cm Ø, napszinkron poláris pálya
2006–	Hinode/Solar-B (Japán, USA)	a Nap: optikai 50 cm Ø, EUV és röntgen
2006–	STEREO (ESA)	a Nap és a belső helioszféra három dimenzióban
2006–	CoRoT (Franciaország, ESA)	nagy pontosságú optikai fotometria, 27 cm Ø
2007–	AGILE (Olaszország)	képfelvételek gamma, keményröntgen, LEO
2008	SOFIA (USA, Németország)	infravörös-észlelések Boeing 747SP repülőgépről, 2,5 m Ø
2008	FGST (NASA)	széles gammatartomány



időszak	misszió (zárójelben a felbocsátó állam v. intézmény)	a misszió jellemzői, fő eredményei (Ø a távcső átmérője)
2008	Herschel (ESA)	távoli-infravörös, L2 pontban, 3,5 m Ø
2008	Planck (ESA)	a mikrohullámú háttérugárzás vizsgálata, L2
2009	Kepler (NASA)	nagy pontosságú optikai fotometria, 95 cm Ø
2009	WISE (USA)	teljes égbolt felmérése infravörösben 3,5–23 mikrométeren, 40 cm Ø
2009 ?	BRITE (Ausztria, Kanada)	optikai fotometria, 3 cm Ø, nanosatellita
2009 ?	InFOCUS (USA, Japán)	ballon, keményröntgen, nagy spektrális és térbeli felbontás
2009 ?	ASTROSAT (India)	2 db 40 cm Ø UV távcső, röntgen, égbolt pásztázás tranziensek keresésére
2009 ?	HXMT (Kína)	keményröntgen
2010 ?	SPICA (ESA, Japán)	távoli-infravörös, 3,5 m Ø, L2
2011 ?	Gaia (ESA)	nagy pontosságú asztrometria, fotometria, spektroszkópia, 2 db 1,45x0,5 m Ø, L2
2012 ?	Astro-G (Japán)	10 m Ø, rádió-interferometria, erősen lapult pálya
2012 ?	WSO-UV (World Space Observatory)	ultraibolya, 1,7 m Ø, geoszinkron pályán
2012 ?	TESS (USA, Google)	fotometria, exobolygó-keresés, 6 kamera
2013 ?	JWST (NASA)	6,5 m Ø, 18 tükörszegmens, L2 körül

## Irodalom

- [1.] Almár Iván: Csillagászat a légkörön túlról, ELTE jegyzet, Tankönyvkiadó 1990
- [2.] Almár Iván–Both Előd–Horváth András: SH atlasz, Úrtan, Springer Hungarica 1996
- [3.] Bagoly Zsolt: Gammakitörések, Meteor csillagászati évkönyv 2005, 233–243. MCSE 2004
- [4.] Fényes Tibor: Az Univerzum uralkodó anyagfajtája, a „sötét anyag”, Fizikai Szemle 2008/3. 81. <http://www.kfki.hu/fszemle/archivum/fsz0803/feny0803.html>
- [5.] Fűrész Gábor: CCD-kamerák a csillagászatban, Meteor csillagászati évkönyv 2002, 266–290. MCSE 2001
- [6.] Fűrész Gábor: A csillagászati spektroszkópia eszközei, Meteor csillagászati évkönyv 2007, 204–230. MCSE 2006
- [7.] Kálmán Béla: A napkutatás újdonságai, Meteor csillagászati évkönyv 2008, 159–166. MCSE 2007

- [8.] Patkós András: Kozmológia: Az Univerzum történetének tudománya, Magyar Tudomány 2004/6. 741. <http://www.matud.iif.hu/04jun/008.html>
- [9.] Perjés Zoltán: Az XMM röntgenműhold, Élet és Tudomány 2000/8.  
<http://www.sulinet.hu/eletestudomany/archiv/2000/0008/xmm/azxmmr.htm>
- [10.] Szabados László: Mit lát a röntgenszemű Chandra?, Természet Világa 2000/11.  
<http://www.termeszetvilaga.hu/tv2000/tv0011/chandra.html>
- [11.] Szabados László: Közelebb hozni a távot, Magyar Tudomány 2004/6. 678.  
<http://www.matud.iif.hu/04jun/002.html>
- [12.] Szatmáry Károly–Kiss László–Mészáros Szabolcs–Vinkó József: Röntgen- és gammacsillagászat, Meteor csillagászati évkönyv 2002, 244–265. MCSE 2001  
<http://astro.u-szeged.hu/ismeret/rontgam/rontgam.html>
- [13.] Trócsányi Zoltán: A 2006. évi fizikai Nobel-díj, Fizikai Szemle 2006/11. 357. <http://www.kfki.hu/fszemle/archivum/fsz0611/trocs0611.html>
- [14.] A Magyar Csillagászati Egyesület hírportálja: <http://hirek.csillagaszat.hu/urteleszkopok.html>
- [15.] Wikipedia: [http://en.wikipedia.org/wiki/Lagrangian\\_point](http://en.wikipedia.org/wiki/Lagrangian_point) ,  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Category:Space\\_telescopes](http://en.wikipedia.org/wiki/Category:Space_telescopes)

### **Magyar nyelvű honlapok az Interneten:**

A Magyar Csillagászati Egyesület hírportálja: <http://hirek.csillagaszat.hu>  
 Asztronautikai hírportál: <http://www.urvilag.hu>  
 A Szegedi Csillagvizsgáló lapjai (e cikk is, több képpel): <http://astro.u-szeged.hu>  
 Az ELTE Csillagászati Tanszék lapjai: <http://astro.elte.hu>

### **Angol nyelvű honlapok az Interneten:**

Összefoglaló az űrtávcsövekről <http://www.seds.org/~spider/oaos/oaos.html>  
 ESA Space Science <http://www.esa.int/esaSC/>  
 Heliophysics Division (napkutató) <http://sec.gsfc.nasa.gov>  
 Multimission Archive at STScI (MAST, űrtávcsövek mérési adatainak archívuma)  
<http://archive.stsci.edu>  
 AstroWeb - High Energy Astronomy  
[http://www.cv.nrao.edu/fits/www/yp\\_high\\_energy.html](http://www.cv.nrao.edu/fits/www/yp_high_energy.html)  
 Advanced Composition Explorer (ACE) <http://www.srl.caltech.edu/ACE/>  
 Akari/Astro-F <http://www.astro-f.esac.esa.int> ,  
<http://www.isas.jaxa.jp/e/enterp/missions/akari/>  
 Astro-G <http://www.isas.ac.jp/e/enterp/missions/astro-g/>  
 Astro-rivelatore Gamma a Immagini LEggero (AGILE) <http://agile.rm.iasf.cnr.it> ,  
<http://agile.asdc.asi.it>  
 ASTROSAT <http://meghnad.iucaa.ernet.in/~astrosat/>  
 BeppoSAX <http://www.sdc.asi.it>  
 BRITE/TUGSAT-1 <http://www.tugsat.at> , <http://www.brite-constellation.at>  
 Chandra X-ray Observatory Center <http://chandra.harvard.edu>  
 Compton Gamma Ray Observatory (CGRO) <http://cossc.gsfc.nasa.gov>  
 Constellation-X <http://constellation.gsfc.nasa.gov>

Convection Rotation & planetary Transits (CoRoT) <http://corot.oamp.fr> ,  
<http://smc.cnes.fr/COROT>  
 COsmic Background Explorer (COBE) <http://lambda.gsfc.nasa.gov/product/cobe/>  
 Cosmic Hot Interstellar Plasma Spectrometer (CHIPS) <http://chips.ssl.berkeley.edu>  
 Energetic X-ray Imaging Survey Telescope (EXIST) <http://exist.gsfc.nasa.gov>  
 Far Ultraviolet Spectroscopic Explorer (FUSE) <http://fuse.pha.jhu.edu>  
 Fermi Gamma-ray Space Telescope (FGST, korábban GLAST)  
<http://fermi.gsfc.nasa.gov> , <http://www-glast.stanford.edu>  
 GAIA <http://www.rssd.esa.int/Gaia> , <http://www.esa.int/science/gaia>  
 Galaxy Evolution Explorer (GALEX) <http://www.galex.caltech.edu>  
 Ginga (Astro-C) <http://heasarc.gsfc.nasa.gov/docs/ginga/ginga.html>  
 Granat <http://heasarc.gsfc.nasa.gov/docs/granat/granat.html>  
 Gravity and Extreme Magnetism SMEX (GEMS) <http://explorers.gsfc.nasa.gov>  
 Highly Advanced Laboratory for Communications and Astronomy (HALCA)  
<http://www.isas.ac.jp/e/enterp/missions/halca/>  
 Hard X-ray Modulation Telescope (HXMT) <http://www.hxmt.cn/english/>  
 Herschel <http://herschel.esac.esa.int>  
 High Energy Transient Explorer (HETE-2) <http://space.mit.edu/HETE/>  
 Hinode (Solar-B) <http://xrt.cfa.harvard.edu/> , [http://solar-b.nao.ac.jp/index\\_e.shtml](http://solar-b.nao.ac.jp/index_e.shtml) ,  
<http://www.isas.jaxa.jp/e/enterp/missions/hinode/>  
 Hipparcos <http://www.rssd.esa.int/Hipparcos/>  
 Hubble Space Telescope (HST) <http://hubblesite.org> , <http://hubble.esa.int>  
 Infrared Space Observatory (ISO) <http://iso.esac.esa.int>  
 Infrared Telescope in Space (IRTS) [http://www.ir.isas.jaxa.jp/irts/irts\\_E.html](http://www.ir.isas.jaxa.jp/irts/irts_E.html)  
 Interface Region Imaging Spectrograph (IRIS) <http://explorers.gsfc.nasa.gov>  
 International Focusing Optics Collaboration for  $\mu$ Crab Sensitivity (InFOCUS)  
<http://infocus.gsfc.nasa.gov>  
 International Gamma-Ray Astrophysics Laboratory (INTEGRAL)  
<http://heasarc.gsfc.nasa.gov/docs/integral/integral.html> ,  
<http://www.sciops.esa.int/integral/>  
 James Webb Space Telescope (JWST) <http://www.stsci.edu/jwst/> ,  
<http://www.jwst.nasa.gov>  
 Joint Dark Energy Mission (JDEM) <http://universe.nasa.gov/program/probes/jdem.html>  
 Kepler <http://kepler.nasa.gov>  
 Laser Interferometer Space Antenna (LISA) <http://lisa.nasa.gov> , <http://sci.esa.int/lisa/>  
 Micro-Arcsecond X-ray Imaging Mission (MAXIM) <http://maxim.gsfc.nasa.gov>  
 Microvariability and Oscillation of STars (MOST) <http://www.astro.ubc.ca/MOST/>  
 Planck <http://planck.esa.int> , <http://www.sciops.esa.int/PLANCK/>  
 Reuven Ramaty High Energy Solar Spectroscopic Imager (RHESSI)  
<http://hessi.ssl.berkeley.edu> ,  
<http://hesperia.gsfc.nasa.gov/hessi/>  
 Roentgen Satellite (ROSAT) <http://heasarc.gsfc.nasa.gov/docs/rosat/> ,  
<http://wave.xray.mpe.mpg.de/rosat/>  
 Rossi X-ray Timing Explorer (RXTE) <http://xte.mit.edu>  
 Solar and Heliospheric Observatory (SOHO) <http://sohowww.nascom.nasa.gov>  
 Solar Probe <http://solarprobe.gsfc.nasa.gov>

Solar TERrestrial RELations Observatory (STEREO) <http://www.nasa.gov/stereo/> ,  
<http://stereo.gsfc.nasa.gov>  
Space Infrared Telescope for Cosmology and Astrophysics (SPICA)  
<http://www.ir.isas.jaxa.jp/SPICA/>  
Space Interferometry Mission (SIM) [http://planetquest.jpl.nasa.gov/SIM/sim\\_index.cfm](http://planetquest.jpl.nasa.gov/SIM/sim_index.cfm)  
Spitzer <http://www.spitzer.caltech.edu>  
Stratospheric Observatory for Infrared Astronomy (SOFIA)  
<http://www.sofia.usra.edu>  
Submillimeter Wave Astronomy Satellite (SWAS) <http://cfa-www.harvard.edu/swas/>  
Suzaku/Astro-E2  
[http://imagine.gsfc.nasa.gov/docs/features/exhibit/astroe2\\_xray\\_telescope.html](http://imagine.gsfc.nasa.gov/docs/features/exhibit/astroe2_xray_telescope.html) ,  
<http://www.nasa.gov/astro-e2> , <http://www.isas.jaxa.jp/e/enterp/missions/suzaku/>  
Swift <http://swift.gsfc.nasa.gov/docs/swift/> , <http://swift.sonoma.edu>  
Terrestrial Planet Finder (TPF) [http://planetquest.jpl.nasa.gov/TPF/tpf\\_index.cfm](http://planetquest.jpl.nasa.gov/TPF/tpf_index.cfm) ,  
<http://tpf.jpl.nasa.gov/mission/mission4.html>  
Transiting Exoplanet Survey Satellite (TESS) <http://explorers.gsfc.nasa.gov>  
Transition Region and Coronal Explorer (TRACE) <http://trace.lmsal.com/>  
Uhuru <http://heasarc.gsfc.nasa.gov/docs/uhuru/uhuru.html>  
Ulysses <http://ulysses.jpl.nasa.gov/ULSHOME.html>  
Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP) <http://map.gsfc.nasa.gov>  
Wide Field Infrared Explorer (WIRE) <http://www.ipac.caltech.edu/wire/> ,  
<http://sunland.gsfc.nasa.gov/smex/wire/>  
Wide-field Infrared Survey Explorer (WISE) <http://wise.ssl.berkeley.edu> ,  
<http://www.astro.ucla.edu/~wright/WISE/>  
X-ray Evolving Universe Spectroscopy (XEUS) <http://sci.esa.int/xeus/>  
XMM-Newton X-ray Observatory <http://sci.esa.int/xmm/>  
Yohkoh <http://www.lmsal.com/SXT/>







**Mizser Attila**

## **A Magyar Csillagászati Egyesület tevékenysége 2007-ben**

Üstököstől üstökösig: észlelési szempontból így lehetne tömören összefoglalni a 2007-es évet. Januárban a fantasztikus McNaught-üstökös hozott izgalmakat, októberben pedig a Holmes-üstökös, mely még az év végén is szabadszemes volt. A két üstökös elsősorban az üstökösészlelőket és asztrofotósokat mozgatta meg, de az észlelési élményeket természetesen az érdeklődőkkel is megosztottuk: hírportálunkon és a Meteorban is vissza-visszatérő téma volt a két égitest. (A Holmes-üstökösről készült képekből bemutatunk néhányat a képmellékletben.)

2007-ben megújítottuk egyesületi kiadványainkat, a Meteort és a Csillagászati évkönyvet. Nemcsak külalakjuk változott, hanem tartalmuk is. A Meteor hagyományos rovatokra épített szerkezetét „felpuhítottuk”, a jelenlegi szerkezet lényegesen rugalmasabb, mint a korábbi volt. Lényegesen több szövegközi képet, illusztrációt tudunk közölni, ami színesebbé, olvasmányosabbá teszi a tartalmat. Az elmúlt évben több mint száz szerzőtársunk járult hozzá a Meteorhoz hosszabb-rövidebb írásokkal!

Az évkönyv szerkezetében igen jelentős változások következtek be. A hagyományos táblázatokból jószerével csak a naptár rész maradt meg. A hosszú számsorokat színes ajánlók, ismertetőik váltották fel, a csillagászat legújabb eredményei c. részt pedig közepes terjedelmű áttekintések. A színes képmellékletet duplájára emeltük. Bízunk benne, hogy ezek a változások kedvező visszhangra lelnek.

Két legfontosabb kiadványunk mellett megjelentettük Ponori Thewrewk Aurél A Nap fiai c. művét, melyben a Nappal kapcsolatos csillagászati vonatkozású mítoszokat ismerteti. Az 50 éves úrkorszak és a Nemzetközi Heliofizikai Év kapcsán szórólapot állítottunk össze, melyet nagyobb rendezvényeinken és a Polaris Csillagvizsgálóban is felhasználtunk.

Az elmúlt évben új erőre kapott internetes szakcsoportunk, amit az MCSE számtalan honlapja, internetes szolgáltatása is indokolt. Leglátogatottabb honlapunk továbbra is a [hirek.csillagaszat.hu](http://hirek.csillagaszat.hu), mely fokozatosan komoly tényezővé kezd válni az internetes csillagászati ismeretterjesztésben,

de más tudományterületek számára is példamutató lehet. A portálon immár igen jelentős információtömeg található, amely egyre inkább segíti a tájékozódást a csillagászat új eredményei között. Fontos újdonság, hogy külön menüpontot kaptak a magyarországi kutatási eredmények. Utóbbi téren elmondhatjuk, hogy a magyar exobolygó-kereső program vezetője, az MCSE-ből indult Bakos Gáspár valóságos „médiasztár” lett, hála az újabb és újabb felfedezéseiknek.

Örömteli, hogy a fényszennyezéssel kapcsolatban mennyire megnövekedett az érdeklődés, így például a márciusi Globe at Night akció apropóján. Augusztusban a Budapestre tervezett fényfolyóval kapcsolatos tiltakozásunk is jelentős hullámokat vetett. Örömteli, hogy az augusztus 27-i Mars-közelség kacsája már kevésbé szárnyal.

## Rendezvények

2007-es közgyűlésünket és helyi csoportjaink találkozóját Baján tartottuk, március 23–25. között. A jó hangulatú találkozó technikai nehézségei ellenére igen hasznos és tanulságos volt, azonban közgyűlésünkön a megszokottnál jóval kevesebben vettek részt a távoli helyszín miatt.

Folytattuk ifjúsági táboraink sorát, ismét Ágasváron tartottuk meg az utánpótlás-nevelő rendezvényt. Ezen a táboron vehettek részt pályázataink nyertesei, így pl. az Észlelési élményem, a Kedvenc naprendszerem és a Mire tanít a csillagos ég? c. pályázatok tehetséges fiataljai. Nagy nyári távcsöves találkozónkat a 2006-ban már jól vizsgázott új helyszínen, a tarjáni Német Nemzetiségi Táborban tartottuk. A rendkívül rossz időjárás ellenére igen jó hangulatban zajlott a rendezvény, és ismét sikerült létszámrekordot döntenünk.

Kiskun csoportunk ismét igen sikeres tábort bonyolított le Kalimajorban, a zalaegerszegiek pedig (a VCSE-vel karöltve) szerveztek eredményesen táborot, és nem maradhatott el a Körösparti Csillagparty sem Kunszentmártonban.

Kaposvári csoportunk a Zselici Tájvédelmi Körzettel együttműködve rendezett csillagfényes sétákat, éjszakai túrákat. Győri csoportunk igen sikeres előadás-sorozatot tartott az Árkád Üzletközpontban, a Kalandos világűr című programhoz kapcsolódóan. Pécsi csoportunk közreműködött a pécsi csillagászati hét szervezésében és lebonyolításában. Dunaújvárosi csoportunk tervbe vette, hogy a Dunai Vasmű igazgatósági épületének tetején található régi 30 cm-es Newtont új helyre költözteti, és ismét az ismeretterjesztés szolgálatába állítja.





2007. április 2-án több száz kisdíák számára tartottunk előadással egybekötött távcsöves bemutatót a Klebelsberg Kultúrkúriában

Sopronban rendszeres észlelőhétvégéket és távcsöves bemutatókat, szakköri foglalkozásokat tartanak tagjaink, és 2005 óta minden évben megrendezik a Fényi Gyula Csillagászati Szabadegyetemet.

Az elmúlt évben megvizsgálta működésünket a Fővárosi Főügyészség, ennek következtében számos ponton kellett alapszabályt módosítani, amit a 2008. január 5-i rendkívüli közgyűlés végzett el.

## Polaris Csillagvizsgáló

A 2007-es időszakban „tematikus hónapokkal” próbáltuk az érdeklődőket becsalogatni a Polarisba. Az év első három hónapjában még tartott Dávid Gyula népszerű kozmológiai sorozata (A nagy Bummtól az értelemig és tovább). Február A földön kívüli élet hónapja, március A heliofizika hónapja, április pedig Az űrkutatás hónapja volt. Októberben az 50 éves űrkorszakra emlékeztünk, november–decemberben pedig Jöjjön ki Óbudára! címmel folytattuk sorozatunkat. December a Mars hónapja volt, a bolygó oppozíciójához kapcsolódva.

Sikeresesek voltak a ritka eseményekhez kapcsolódó nagybemutatóink. Március 3-án a teljes holdfogyatkozás, április 12-én az űrhajózás napja, május 22-én pedig a Szaturnusz-fedés vonzott sok érdeklődőt mind a helyszínen, mind az interneten, ugyanis programjaink nagy részét az interneten is közvetítik lelkes munkatársaink (Polaris TV). A március 3-i holdfogyatko-



*Gyerekek ismerkednek Taracsák Gábor Naprendszer-modelljével a szeptember 28-án megrendezett Kutatók Éjszakáján (Millenáris Park)*

zást számos más helyszínnel együtt mutattuk be, a beérkezett beszámolókból és képekből többek között hírportálunkon található gazdag összeállítás. Meglepően sikeres volt az űrhajózás napi rendezvény, melyet Simonyi Károly űrutazása és azon szerencsés egybeesés apropóján tartottunk, hogy épp aznap volt észlelhető a Simonyi-utazás legkedvezőbb ISS-átvonulása. Sok laikus tanulhatta meg azon az estén, hogy a mesterséges égitestek némelyike szabad szemmel is jól látható, és az asztrofotósok közül sokan célba vették az átvonuló űrállomást az áprilisi időszakban.

A csillagvizsgálóban heti rendszerességgel szakkör működik, új kezdeményezésként otthont adtuk (20 év szünet után) az első hazai szakköri találkozónak.

Június 23-án részt vettünk a Múzeumok éjszakáján (Aquincum + 4 helyszín), ez olyan program, amibe mindenkinek ajánljuk a bekapcsolódást. Szeptember 28-án a Kutatók éjszakája (Millenáris) központi helyszínén az MCSE volt a vendég, a rendezvény igen jól sikerült, több ezer érdeklődővel ismertettük meg a csillagok világát. Győrről és Baján is kapcsolódtak az esti programhoz.

2007-ben két pályázatunk volt sikeres, mindkettőt az NKA-hoz nyújtottuk be: a Meteor és a [hirek.csillagaszat.hu](http://hirek.csillagaszat.hu) portálunk üzemeltetésére kaptunk támogatást. Gazdálkodásunk továbbra is stabil. Költségvetésünk mintegy 50%-át tették ki a tagdíjak, és rekord összegű, 4,2 millió forintnyi támogatást kaptunk az SZJA 1%-ából.

**Balázs Lajos**

## **Az MTA KTM Csillagászati Kutatóintézetének működése 2007-ben**

Az MTA májusi közgyűléséhez kapcsolódva a csillagászati és űrfizikai bizottság tudományos ülészakot szervezett a magyar csillagászat részvételéről az Európai Unió 7. keretprogramjában (FP7). Az ülészakon intézetünk kutatói négy európai projektben történő részvételünkről tartottak előadást (ASTRONET, EAST, OPTICON EII, SOTERIA).

### **Tudományos eredmények**

#### **Csillagok belső szerkezete, pulzációja**

*RR Lyrae* változók A V372 Ser kétmódusú *RR Lyrae* csillag (RRd) feldolgozott megfigyelési anyagából megállapítottuk, hogy 10 éves időskálán belül nem változtak a frekvenciák, amplitúdók, sőt a fázisok sem. A többszín-fotometriából kapott tömeg jól egyezik azzal, amit egy RRd csillagra várunk, a luminozítás a rövid extragalaktikus távolságskálával van összhangban (Barcza, Benkő).

Az Alard-féle optimális képlevonási technikát (ISM) kombinálva három különböző változókeresési módszerrel sikerült felfedezni 54 változócsillagot a Palomar 2 gömbhalmazban. Közülük mintegy 30 *RR Lyrae* típusú, a többi hosszú periódusú vörös változó. Ebben a halmazban eddig egyetlen változócsillagot sem ismertünk (Benkő).

Az intézet 60 cm-es automatizált távcsövével készült fotometriai mérések felhasználásával részletesen tanulmányoztuk a BS Comae galaktikus mezőbeli kétmódusú *RR Lyrae* csillag tulajdonságait. A megfigyelési anyag idősor-analízisével leírtuk a csillag pulzációs viselkedését, valamint a fenti eljárás alkalmazásával, lineáris pulzációs és fejlődési modelleket felhasználva meghatároztuk a csillag globális fizikai paramétereit (Dékány).

Az *RR Gem* Blazskó-modulációja jelenleg kis amplitúdójú. Publikálatlan archív fotometriai méréseink feldolgozásával kimutattuk, hogy a csillag



fényváltozása minden eddigi megfigyelési időszakban modulált volt. A moduláció amplitúdója azonban jelentős mértékben változott (Jurcsik, Szeidl).

Ellenőriztük és javítottuk az RV UMa korábban publikált fotometriai adatait. A javított, kiegészített adatsor Fourier-analízise során először mutattunk ki kvintuplett szerkezetet egy Blazskó-effektust mutató csillag frekvenciaspektrumában. Ennek jelentőségét az adja, hogy az effektus elméleti magyarázatai közül a rezonancia modellek a tripllett, míg a mágneses ferde rotátor modellek a kvintuplett megoldást részesítik előnyben (Jurcsik, Szeidl).

A folytatódó megfigyeléseink tovább erősítették korábbi gyanúinkat, miszerint az alaplómodusban pulzáló RR Lyrae csillagoknak a korábban gondolt 25–30%-ánál sokkal nagyobb hányada mutat Blazskó-effektust. A 2004 óta Budapesten megfigyelt 15 ilyen típusú változócsillagból 8 egyértelműen modulált. Kiválasztási effektussal ez a magas arány nem magyarázható (Jurcsik, Sódor).

Kifejlesztettünk egy olyan eljárást, amely segítségével ritkán mintavételezett vagy/és zajos alaplómodusú RR Lyrae csillagok fénygörbéinek pontos Fourier-analízise válik lehetővé (Kovács).

*$\delta$  Cephei változók* Az RS Puppis körüli reflexiós köd fényességváltozásait elemezve – a jelenséget fényechóként értelmezve – figyelemre méltó pontossággal megállapítottuk az RS Pup hosszú periódusú cefeida távolságát: az  $1992 \pm 28$  parszek érték az eddigi legpontosabb távolság, amelyet valaha is cefeidára meghatároztak. Az eredmény alapján várhatóan jelentősen pontosítható a cefeidák periódus-luminozitás összefüggésének kalibrálása (Szabados).

Az általunk összeállított, több száz klasszikus cefeidát tartalmazó, homogén adatbázis alapján megállapítottuk az adott pulzációs periódushoz tartozó amplitúdók és amplitúdóarányok függését a cefeidák légkörének nehézelem-tartalmától. Kisebb fémtartalom esetén nagyobb a pulzációs amplitúdó (Szabados).

Az XZ Ceti általunk észlelt valamint a BW Com és DT Gem szakirodalomból vett fotometriai megfigyelési adatai alapján arra a megállapításra jutottunk, hogy az anomális cefeidák fénygörbéje rövid (néhány napos) időskálán instabil (Szabados).

A CoRoT űrtávcső méréseinek elemzésére numerikus modellsorozatok segítségével feltérképeztük a megfigyelések alapján használható periódus–effektív hőmérséklet síkon a normál és strange cefeidák elhelyezkedését. Mivel viszonylag kis átfedés van a két csoport között, ez a két paraméter jó becslést ad az esetleges strange módusok kiválasztására (Kolláth).

*$\delta$  Scuti változók* Régi és új észleléseinket kiegészítettük az irodalomban talált adatokkal, és az O-C diagram analíziséből kimutattuk, hogy az AD CMi



nagy amplitúdójú  $\delta$  Scuti csillag kettős rendszer tagja. Az O-C diagram fejlődési periódusnövekedéssel és a fényidő-effektussal jól leírható volt (Szeidl).

Előzetesen feldolgoztuk a HD 50844 és a HD 44195 csillagok észlelési anyagát, melyekre a CoRoT tudományos előkészítő munkája keretében gyűjtöttünk fotometriai méréseket. A HD 50844  $\delta$  Scuti csillag frekvenciaspektrumában több mint 10 frekvencia található az 5–18 ciklus/nap tartományban, beleértve a radiális alpmódust 6,92 ciklus/napnál. Megerősítést nyert, hogy a HD 44195 csillag egyszerre mutatja a  $\delta$  Scuti és a  $\gamma$  Doradus pulzáció jellemzőit (Paparó).

$\lambda$  Bootis változók Az 1995–1996-os nemzetközi fotometriai kampány alapján vizsgáltuk a 29 Cygnit. 11 frekvenciát találtunk a 20,3–37,4 ciklus/nap tartományban, amelyek mindegyike alacsony  $l$  horizontális kvantumszámú módus,  $n=2-5$  radiális kvantumszámokkal. A domináns módust  $f_1=37,425$  c/d frekvenciával  $l=2$ ,  $n=5$  kvantumszámokkal jellemezhető módusként azonosítottuk (Paparó).

Fehér törpék oszcillációja A PG 0122+200 csillagnál, amely definiálja a PG 1159 instabilitási sáv vörös szélét, 23 frekvenciát határoztunk meg nemzetközi kampány adatai alapján. Ezek között 7 triplettet és 2 egyedülálló frekvenciát találtunk. A triplettek magyarázata az  $l=1$  módusok rotációs felhasadásával, az 1,55 napos forgási periódus meghatározásához vezetett. A periódusok elrendeződésében talált 22,5 másodperces szisztematikus különbség a csillag tömegének a korábbinál pontosabb meghatározására vezetett (Paparó).

2005 szeptemberében részt vettünk a PG 2303+243 jelű DAV csillag észlelésében. A kapott eredmények alapján a csillagnál nagy számú (69) pulzációs frekvencia azonosítható a  $\sim 0,5-6$  mHz-es tartományban, amelyek közül a legtöbb amplitúdója változik. A legstabilabb, 1,622 mHz körül talált pulzációs frekvencia segítségével becslést lehetett adni a csillag inklinációjára, melyre kisebb, mint  $12^\circ$  adódott (Bognár, Paparó).

Pulzáló változók modellezése A CASSINI (Cepheid Atmospheres and Structures by Spectroscopy Interferometry and Numerical Investigation) projekt célkitűzéseinek megfelelően vizsgáltuk, hogy a különböző hidrodinamikai kódokkal kapott modellek mennyire adnak eltérő eredményt egyedi csillagok fizikai paramétereire. A többek által használt radiatív modellekkel kapott hőmérséklet 200–300 K-nel, a luminozitás pedig akár 50%-kal eltérhet a Florida–Budapest-kód turbulens-konvektív eredményeitől (Kolláth).

A modellek összehasonlításához kapcsolódva vizsgáltuk a hidrodinamikai modellek numerikus konvergenciáját a térbeli felbontás, azaz a zónák száma szerint. A teszt érdekes mellékterméke, hogy a hosszú periódusú

(nagy luminozitású) cefeidák esetén a modellek csak több mint 100 000 ciklusnyi tranziens után érik el a végső határciklust (Kolláth).

Modelleztük az AQ Leonis frekvenciáit. A kétmódusúnak ismert RR Lyrae csillagban a MOST műholddal egy harmadik periódust is kimutattak. A harmadik módus a modellek alapján lehet a harmadik felhang, azonban nem sikerült tökéletesen illeszkedő periódusú modellt találni (Kolláth).

Megmutattuk, hogy a cefeidák fáziskésése (a fénygörbéjük és a radiális sebesség-görbéjük közötti fáziseltolódás) felhasználható a radiális módusok azonosítására. Így kimutattuk, hogy az eddig első felhangban rezgőként klasszifikált V440 Persei kis amplitúdójú cefeida fáziskésése jobban összeegyeztethető a modellekkel, ha alaplómódusbeli pulzációt tételezünk fel (Szabó).

Kétmódusú RR Lyrae csillagok esetén vizsgáltuk a lineáris és nemlineáris periódusok, valamint periódusarányok közötti eltéréseket. Az átfogó vizsgálat kiterjedt a csillagok fizikai paramétereinek (tömeg, effektív hőmérséklet, luminozitás, fémtartalom), valamint numerikus paraméterek (zónaszám, alsó határfeltétel) okozta hatások vizsgálatára is. A sok modellszámításhoz és a hosszú idejű integráláshoz elengedhetetlen volt az NIIF szuperszámítógépének használata (Szabó).

### Aktív jelenségek csillagok légkörében

Egy V színben 21,3 magnitúdós dM4 csillag B, V fotometriai észleléseit feldolgozva több flert sikerült kimutatni, amelyek közül a legnagyobb időtartama  $t_{eq} = 19,5$  óra, bolometrikus energiája pedig a valaha észlelt legnagyobb flerekre jellemző  $10^{36}$  erg nagyságrendű volt. A fénygörbe fler utáni viselkedésére a Nap-analógia segítségével alkottunk modellt (Kővári).

Továbbfejlesztettük a Doppler-leképezéshez használt programkörnyezetet, hogy a szoros kettőscsillagokban előforduló – a szferikus elterelő torzult (ún. Roche) geometriát is kezelni tudjuk. Ennek segítségével modelleztük az RS CVn típusú mágneses aktivitást mutató  $\zeta$  Andromedae kettőscsillagot. Lítiumspektruma alapján a csillag közel áll a lítiumban gazdag RGB csillagok csupán néhány tagot számláló csoportjához, ami a fejlődési állapottal van összefüggésben (Kővári, Oláh).

Idősoros Doppler-képek alapján egy (a Nap-képekre kidolgozott) kétdimenziós kereszt-korrelációs algoritmussal különböző csillagok ( $\sigma$  Gem, UZ Lib, LQ Hya) felszíni áramlásait kutattuk. Az új módszerrel kapott eredmények jó egyezést mutattak a korábban kapottakkal. A  $\sigma$  Gem RS CVn típusú óriáscsillag idősoros Doppler-képeinek segítségével antiszoláris differenciális rotációt találtunk (Kővári, Oláh).

Az LQ Hya H $\alpha$  spektrumait felhasználva részletes vizsgálatot folytattunk a kromoszféra feltérképezésére. Sikertült egyértelmű kapcsolatot találni a fotoszferikus foltok és a kromoszferikus fáklyamezők között, ezzel erősítve a Nap-aktív csillag analógiát (Kővári, Oláh).

Analizáltuk 12 aktív csillag hosszú időskálájú fotometriai adatait. Számos esetben talákoztunk időben változó ciklushosszakkal, amelyek eredete ismeretlen, hiszen elméletileg még a 11 éves napciklust is nagyon nehezen állítják elő. A változó ciklushosszak mind fotometriai, mind pedig spektroszkópiai (Ca-index) adatok esetében jelentkeztek (Kolláth, Oláh).

Az SV Cam aktív kettőscsillagról készült fotoelektromos méréseink elemzése nem igazolja azt a szakirodalomban elterjedt nézetet, hogy a főkomponensen poláris foltok találhatóak (Patkós).

A TT Ari kataklizmikus változó a közelmúltban – megfigyeléseink szerint – drasztikus változásokon ment keresztül. A korábbi pozitív szuperhump állapot bizonyosan megszűnt, viszont nem jött létre (legalábbis nem teljesen) a várt negatív szuperhump állapot. A még megerősítésre szoruló feltételezések szerint a másodkomponens fényességváltozásait a csillag mágneses aktivitásának 27,5 illetve esetleg 6,25 éves változásai okozhatják (Patkós).

## Napaktivitás

Kidolgoztunk egy új modellt a koronakitöréseknek (CME) a napkoronában való fejlődésére. A mágneses átkötődések sorozata energiefelszabadulással jár (kis flerek jelennek meg nyomában), ami a koronában egy táguló fényes gyűrűként jelenik meg. Ilyen gyűrűket valóban látunk a koronában, 1999-ben a SOHO/EIT műszer képein fedezték fel őket. Az általunk javasolt új modell ezekre a jelenségekre természetes magyarázatot szolgáltat. A fenti modellt sikeresen alkalmaztuk egy csillagfler leszálló ágában megjelenő kisebb flerek magyarázatára (Gesztelyi, Kővári).

Az űr-időjárás szempontjából igen fontos a CME-k által okozott geomágneses aktivitás előrejelzése (amely a déli irányú mágneses vektor erősségével és időtartamával van kapcsolatban). A CME forrásvidékének mágneses orientációját felhasználó előrejelzések nem mindig járnak sikerrel. Kimutattuk, hogy ennek oka az aktív vidékben felhalmozódott helicitás, amely a kitörés korai szakaszában a táguló fluxushurok jelentős megcsavarodásához, elfordulásához vezethet (Gesztelyi).

A Hinode EIS spektrométerének észleléseit felhasználva bizonyítékot szolgáltatunk arra, hogy a koronalyukakban megfigyelt forró kilövellések anyaga részben visszahullik a Napra (Gesztelyi).



Tovább folytattuk a napfoltcsoportok meridionális-azimutális elmozdulásainak korrelációvizsgálatát. A korrelációértékek a heliografikus szélességgel monoton csökkennek, az egyenlítőnél előjelet váltanak. A 22. napciklus maximuma körül korábban is találtunk váratlan viselkedést, ezt annyiban pontosítottuk, hogy a korrelációértékek szélességfüggését leíró függvény igen jól követi a ciklus foltterület-adatokkal felrajzolt profilját (Ludmány, Muraközy).

Vizsgáltuk a napfoltok tulajdonságainak szélességbeli eloszlását és a torziós oszcilláció kapcsolatát a Debrecen Photoheliographic Data (DPD) alapján. Eredményeink szerint a foltok az előre tartó sávok pólusok felőli részeit preferálják. A többi tulajdonság nem mutat összefüggést a torziós sávokkal (Muraközy).

A heliografikus koordináták meghatározásához szükséges ismerni a CCD-kamera irányát a Naphoz viszonyítva. Kidolgoztunk egy eljárást, amellyel ezt nagy pontossággal meg lehet határozni (Győri).

Folyamatosan bővítettük a Debrecen Photoheliographic Data (DPD) adatbázist. Az 1998-ra vonatkozó végleges adatokat és képeket ftp-re tettük. Folytattuk az archívum kiegészítését egész-korong fehér fényű mágneses észlelésekkel (Baranyi, Győri, Ludmány).

Folytattuk a SOHO/MDI-Debrecen Data katalógus (SDD) készítését. A kvázi-kontinuum egész-korong képeken elvégeztük a foltok meghatározását az 1998–2007-es időszakra, és publikáltuk a katalógusokat a kvázi-kontinuum és mágneses képekkel együtt (Baranyi, Győri, Ludmány).

## Csillagkeletkezés és az intersztelláris anyag fizikája

Meghatároztuk a Lynds 1622-ben keletkezett kis tömegű fiatal csillagok spektráltípusát, luminozitását, tömegét és korát. Nagoyai szénmonoxid-adatokból elkészítettük a felhő eddigi legjobb szögfelbontású szénmonoxid-térképét, és meghatároztuk a felhő tömegét (Kun).

Az arizonai Whipple Observatory 1,5 m-es, valamint a Calar Alto Observatory 2,2 m-es teleszkópjaival spektrumokat vettünk fel a Lynds 1622 H $\alpha$  emissziós csillagairól. A piszkéstetői 1 m-es RCC távcsővel megmértük VRI magnitúdóikat. A kapott HRD, fősorozat előtti fejlődési modellekkel összehasonlítva egyértelműen azt mutatja, hogy a L1622 sokkal közelebb van, mint az Orion-felhők (450 pc), tehát valószínűleg része a 160 pc távolságban azonosított extinkciós rétegnek (Kun).

Calar Alto-i és arizonai spektrumok, valamint piszkéstetői BVRI magnitúdók alapján meghatároztuk a Cepheus flare területén közel 100 fősorozat előtti csillag effektív hőmérsékletét, luminozitását, tömegét és korát. A terü-



let egyes felhőire külön meghatároztuk a csillagkeletkezés időtartamát (Kun).

Feldolgoztuk a kettős T Tauri csillagok eddig publikálatlan ISOPHOT méréseit. Elkészítettük 16 fiatal kettős optikai, infravörös és szubmilliméteres spektrális energiaeloszlását (SED), és megvizsgáltuk, hogy a kettősök szeparációja egyértelműen meghatározza-e a csillagkörüli anyag geometriai eloszlását és így a SED alakját. Eredményeink szerint a rendszer fejlődése is fontos szerepet játszik. Az egyik kiválasztott csillag, a V4046 Sgr spektrális energiaeloszlását részletesen is modelleztük egy modern sugárzási transzfer kód segítségével (Ábrahám).

Összeállítottuk az OO Serpentis csillag spektrális energiaeloszlását több különböző időpontra, és 10 különböző infravörös hullámhosszon elkészítettük a csillag fénygörbéjét. Az adatokból megállapítottuk, hogy (1) a kitörés az egész infravörös tartományban megnövelte az objektum fényességét; (2) a maximális fényességet egyre lassuló, hullámhossz-független halványodás követte; (3) a halványodás jelenleg is tart, és a mostani halványodási rátákból extrapolálva az OO Ser valószínűleg nem fog visszatérni a kitörés előtti állapotba 2011 előtt; (4) a kitörés időskálája rövidebb a fuorokénál, de hosszabb az exorokénál, leginkább a nemrég kitört V1647 Ori-ra hasonlít (Ábrahám, Kóspál).

A Parsamian 21 csillagról 2004-ben készültek direkt és polarimetriás mérések a VLT-n a NACO adaptív optikás műszerrel. Ezeket az adatokat kiegészítettük az irodalomban elérhető infravörös és optikai adatokkal (Hubble/WFPC2 képek, Hubble/NICMOS polarimetria, Spitzer/IRAC és MIPS képek, Spitzer/IRS spektrum, ISO fotometria). Vizsgálatunkban érveket hozunk fel az objektum fuor-természete mellett. Megállapítottuk, hogy a csillag nem része fiatal csillagok halmazának (fuoroknál szokatlan módon). A polarimetriás képeken jól megfigyelhető egy csillagkörüli burok, abban egy nyílás a pólusok irányában (Ábrahám, Kóspál, Moór).

A Spitzer infravörös műhold segítségével elvégeztük 78 F színképtípusú csillag fotometriai (24, 70 és 160  $\mu\text{m}$ -en) és spektroszkópiai (6–35  $\mu\text{m}$ ) vizsgálatát. A mérések alapján 29 csillag esetében sikerült kimutatnunk – egy, vagy több hullámhosszon – infravörös többletet. A csillagok többségénél a talált por hőmérséklete alacsonyabb, mint 80 K (Moór).

## Egyéb témák, interdiszciplináris kutatások

*A Naprendszer kis égitestei* Az ún. statisztikus kisbolygómodellre (Statistical Asteroid Model) alapozva kidolgoztunk egy olyan modellt, amely a kisbolygók pályaelemeit integrálva 2000 és 2013 közötti időpontok-

ra képes megadni kb. 2 millió kisbolygó helyzetét és fényességét az 5–1000  $\mu\text{m}$ -es hullámhossztartományban. Ebből meghatározható a kisbolygókból származó zavaró hatás egy adott infravörös vagy szubmilliméteres mérésre (Kiss).

A Hubble-űrtávcső bolygókamerájával (PC2) 2007 október végén, november elején több alkalommal is megfigyeltük a 2007. október 23/24-én váratlanul szuperkitörésen átesett, a Jupiter-családhoz tartozó 17P/Holmes üstökösöt. A HST kitűnő optikája lehetővé tette a Holmes-üstökös magja kitörés utáni méretének meghatározását: ez 3,4 km effektív átmérőnek adódott (Tóth).

2006–2007-ben a Spitzer-űrtávcső SST MIPS (Multi-band Imaging Photometer for Spitzer) műszerével 24 mikrométeren, illetve az IRS PU műszerével (Infrared Spectrograph PeakUp Camera) 16 és 22 mikrométeren több mint száz, a Jupiter-családhoz tartozó üstökösöt figyeltünk meg. Majdnem mindegyik objektumot elegendően nagy, 4 CSE-nél nagyobb naptávolságban figyeltük meg azért, hogy az üstökös porkibocsátási aktivitásából származó zavaró porkóma minimális hatással legyen az üstökösrag fényére. Meghatároztuk a magok méretét és albedóját (Tóth).

A 67P/Churyumov-Gerasimenko, a Rosetta-űrszonda célüstököséről a Spitzer-űrteleszkóp MIPS műszerével a 24 mikrométeren végzett termális infravörös megfigyelésekre új kalibráció készült, amelynek felhasználásával tovább finomítottuk az üstökös magjának fizikai paramétereit. A mag alakját egy ellipszoiddal modellezve a tengelyek teljes hossza 4,40–5,20 km, 4,16–4,30 km, valamint 3,40–3,50 km (Tóth).

Látható fényben végzett földi bázisú, illetve a Rosetta OSIRIS kamerája által nagy távolságról készített 26 fénygörbe felhasználásával meghatároztuk a (2867) Steins kisbolygó méretét, közelítő alakját, tengely körüli forgási idejét, valamint forgástengelyének térbeli irányát. A kisbolygó alakját közelítő elnyújtott ellipszoid méreteit a Spitzer-űrtávcső termális infravörösben végzett megfigyelései segítségével határoztuk meg (Tóth).

A beszámolási időszakban több száz üstökös és kisbolygó fotometriai és asztrometriai pozíciómérését végeztük el (Kelemen).

*Naprendszer* A Cassini-szonda felvételein a Szaturnusz déli poláris vidékén a földi trópusi viharokhoz hasonló óriási ciklon látható. Feltételezésünk szerint a poláris örvények a bolygóval együtt, de nem merev testként forgó légkör poláris szélnyírásának következtében létrejövő képződmények (Illés).

A Mars déli sarkvidékén felfedezett, téli-tavaszi sötét dűnefoltok (DDS) további vizsgálatára a Mars Express és Mars Global Surveyor (MGS) szonda adatait összekapcsoltuk a Mars Reconnaissance Orbiter-szonda (MRO) új

adataival. A DDS-ek fejlődése során két fázist sikerült elkülöníteni. Az első fázisban a szén-dioxid jégtakaró alól kitörő anyag hozhatja létre az alakzatokat, az amerikai kutatók által kifejlesztett geizírmodellnek megfelelően – míg a második fázisban csak, vagy elsősorban vízjég lehet a felszínen (Horváth).

**Exobolygók** Az elmúlt év leglényegesebb eredménye a 6+1 exobolygó felfedezése (6 objektum a HAT projekt keretében, egy pedig a TrES-sel együttműködve). A nagylátómezejű (fényes objektumokat feltérképező) projektek által (2007 decemberig) felfedezett bolygók számát tekintve a HAT projekt a legsikeresebb (Kovács).

A 236-os számú WHAT mezőn végeztünk általános periodikus változókra vonatkozó keresést. Összesen 13 360 objektumot analizáltunk  $V=15$  magnitúdóig. Ebből a mintából 152 objektumnál találtunk szignifikáns periodikus jelet. Fontos megjegyezni, hogy a 152 változóból 133 új felfedezés. A változócsillagok periódusa 0,09 és 31 nap között van. Találtunk 14 nem periodikus változót is, amiből 10 új felfedezés (Kovács).

A HRD extrém horizontális ágán héliumot égető, pulzáló SdB csillag, a V391 Peg nemzetközi összefogás keretében történt megfigyelése alapján részesei lehettünk a V391 Peg b exobolygó felfedezésének. A felfedezés új területet nyit az exobolygók kutatásában. Az a számítás, amely szerint a V392 Peg b pályája 0,7 CSE sugarú volt központi csillaga vörös óriás fázisában, és a bolygó a csillag fősorozati fázisában 1 CSE távolságban keringett, azt mutatja, hogy kétszeres Nap–Föld távolságnál közelebb lévő bolygók is túl tudják élni központi csillaguk vörös óriás fázisát (Paparó).

**Fedési kettőscsillagok** Kettőscsillagok fejlődési útvonalaait számító kód fejlesztésének első fázisa lezárult. A kóddal megvizsgáltuk, hogy milyen kettőscsillagokból alakulhatnak ki W UMa típusú érintkező kettőscsillagok. Az első eredmények szerint bármilyen színképosztályú komponensekből álló kettőscsillagból kialakulhat érintkező kettőscsillag a fősorozaton. Rámutatunk arra az ellentmondásra, hogy bár kialakulhatnak, nem léteznek 10 000 – 16 000 K közötti átlaghőmérsékletű érintkező kettőscsillagok (Csizmadia).

**Gammakitörések** A Swift mesterséges hold a detektált gammakitörések többségénél nem észlelt optikai utófényt. Ezekben az esetekben az optikai fényességre csak felső korlátot lehet megadni. Tanulmányoztuk az optikai fényesség függését a kitörés gammatartományban észlelt tulajdonságaitól. Azt találtuk, hogy az optikai fényesség 99,7% szignifikanciaszinten függ a gammatartományban mért csúcsintenzitástól (Balázs).

A többváltozós statisztika diszkriminancia-analízisének használatával összehasonlítottuk az optikailag fényes és optikailag sötét kitöréseket. A SWIFT műhold felhasznált megfigyeléseiben 7 változóból kettő mutatott



szignifikáns eltérést. Az optikai tranzienszt produkáló kitöréseknek nagyobb volt a csúcsfluxusuk, és a hidrogén oszlopsűrűsége átlagban alacsonyabb volt (Balázs).

Elkészítettük a Palomar-hegyi P60 automata teleszkóppal 2005–2006-ban végzett GRB OT optikai megfigyelések fotometriai kiértékelését (Kelemen).

*Herschel űrprojekt* A PECS program keretében több tesztmérés kiértékelésében is részt vettünk: 1) a Herschel PACS ún. „frequency switching” mérési módjának tesztelése; 2) szaturációs szintek meghatározása a PACS spektrométerének kék és vörös detektoránál; 3) „noise-equivalent power” meghatározása a PACS spektrométerének kék és vörös detektoránál (Csizmadia, Kiss, Moór).

*Csillagásztörténet* Eddig jóformán semmi adatunk nem volt Kövesligethy Radó 1866 és 1873 között eltöltött időszakáról és anyjának Renz Josephinnek családjáról és születési körülményeiről. Egy altenstadti levéltáros, Dieter Imminger segítségével szinte mindent sikerült megtudnunk Kövesligethy Radó elemi iskolás esztendeiről (Vargha).

Kövesligethy Radó spektroszkópai munkásságát tanulmányoztuk, különös tekintettel nemzetközi elfogadottságára. Megmutattuk, hogy a német fizikusoknak ismerniük kellett eredményeit (Zsoldos).

*Archaeoasztrolómia* Basatanya nagy rézkori temetőjének feldolgozása befejeződött. Régészetileg meghatározott két korszakának különbségét (etnikai, életformabeli) a sírok Nap szerinti tájolásának erőteljes megváltozása is világosan mutatja (Barlai).

## Hazai és nemzetközi kapcsolatok

### Hazai kapcsolatok

Együttműködünk a soproni GGKI-vel (felsőlégköri kutatások, planetológia); az ELTE Gyógypedagógiai Főiskolai Karával (hallásvizsgálat); a Budapesti Műszaki Főiskolával (egyedi előadás a fényszennyezésről); valamint az MTA SZTAKI Analogikai és Neurális számítások Laboratóriumával (új hullámfront-érzékelő fejlesztése).

A beszámolási időszakban is részt vettünk az egyetemi oktatásban előadások, gyakorlatok tartásával, valamint szakdolgozati és doktori témavezetéssel. Kutatóink az alábbi előadásokat, illetve gyakorlatokat tartották:

ELTE-n: (előadás) Szeminárium a csillagközi anyag és a csillagkeletkezés témaköréből, Asztrofizika, Csillagászat és kultúra, Csillagpulzáció, Csillagok világa, A csillagkeletkezés alapjai, Obszervációs csillagászat, Csillagá-



szat a fizikatanár továbbképzőn, Csillagaktivitás – aktív csillagok I-II., Asztrofizikai megfigyelési módszerek, Asztrostatisztika I-II., Csillagrendszerek dinamikája, (gyakorlat) Mérési gyakorlat IV. éves fizikus hallgatók számára.

DTE-n: (előadás) Bevezetés a csillagászatba, A Nap és a csillagok fizikája.

SZTE-n: (előadás) A csillagközi anyag és csillagkeletkezés, Űrcsillagászat.

## Nemzetközi kapcsolatok

Együttműködés a Nemzetközi Csillagászati Unióval (IBVS szerkesztés, IAU Comm. 27., Comm. 42 és Div. V., webszolgáltatások karbantartása). Részvétel nemzetközi szakbizottságokban (ASTRONET, SCOSTEP, SEAC). Tét együttműködés az IAC-vel (Tenerife, Spanyolország) Naphoz hasonló csillagok keletkezésének vizsgálatában. Együttműködés az amerikai Spitzer infravörös mesterséges holdra és az európai VLT teleszkópra benyújtandó pályázatok közös kidolgozásáról (MPIA Heidelberg, STScI Baltimore, Steward Observatory Arizona). Részvétel az ESA Herschel-űrtávcső előkészítő munkálataiban, hivatalos tagság a PACS műszer Instrument Control Centre-ben (ESA/PECS által támogatott projekt). Részvétel a CoRoT mesterséges hold előkészítő munkálataiban és az Additional Program-ban (ESA/PECS által támogatott projekt); a GAIA asztrometriai űrmisszió adatfeldolgozó és -elemző konzorciumának Variability Processing koordinációs egységében; folyamatos részvétel a Nemzetközi Asztronautikai Akadémia munkájában. Együttműködés a Princeton University Observatory-val, automatizált változócsillagászati megfigyelésekben. Szoros együttműködés a Harvard Smithsonian Center for Astrophysics intézettel (HATNet adatanalízis). Közös munka a Wise Observatory-val, Izrael (Wise Hungarian-made Automated Telescope).

A DPD katalógushoz nemzetközi együttműködések keretében kapunk észleléseket a következő obszervatóriumokból: Kiszlovodszk (Oroszország), Kanzelhoehe (Ausztria), Mount Wilson (USA), Abastumani (Grúzia), Ebro (Spanyolország), Heluán (Egyiptom), Kijev, Lvov (Ukrajna), Kodaikanal (India), Ondřejov, Vassilicke Mezirici (Cseho.) és Taskent (Üzbegisztán). Együttműködés a stanfordi SOHO/MDI kutatócsoporttal közös katalógus készítése céljából (ESA/PECS által támogatott projekt). Részvétel az ESO VLTI új generációs közép-infravörös interferométerének fejlesztésében (EU 6 FP OPTICON/JRA4 által támogatott projekt). Munkakapcsolat az AIP Potsdammal; francia–magyar együttműködés a Naprendszer kutatásában MTA–CNRS egyezmény keretében. Japán–magyar együttműködés a csillagközi anyag kutatására (Nagoya Egyetem). Kezdeményező szerep és

szervezőmunka a támogatásra elfogadott SOTERIA (Solar Terrestrial Investigations and Archives, 11 európai ország 16 kutatóintézete) projekt előkészítésében. Együttműködés a Bolgár Akadémiával, a Virtual Observatory fejlesztésével kapcsolatban; részvétel az Euro-VO Data Centre Alliance-ban. A 24"-es távcsőhöz kiegészítő méréseket kapunk (Michigan State Univ., AAVSO, ESO). Munkakapcsolat a Penn State University-vel gammakitörések vizsgálatára. Kapcsolat a NASA PDS-SBN-nel, együttműködés a Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik (Garching) intézettel egy aszteroida konfúziós zajt becslő rutin kifejlesztése céljából. Részvétel a Herschel-űrtávcső „TNOs are cool: A Survey of the Transneptunian Region” című Open Time Key Program-ja köré szerveződött konzorciumban.

Részvétel a CASSINI (Cepheid Atmospheres and Structures by Spectroscopy Interferometry and Numerical Investigation) projektben. Részvétel az EAST (European Association for Solar Telescopes) konzorcium munkájában. Rendszeres megfigyelések a Teide Observatóriumban az EU FP6 Opticon programja támogatásával. Szoros együttműködés és megfigyelések a Whole Earth Telescope network (WET) számára.

## **Fontosabb nemzetközi pályázatok**

Az ESA-val történt szerződés alapján három PECS pályázat fut az intézetben. Ezek közül kettő (CoRoT, Herschel) újonnan létrehozandó űreszközök előkészítésében, illetve programjának a lebonyolításában teszi lehetővé részvételüket. A harmadik pályázat keretében egy ESA adatbázis (SOHO/MIDI), illetve földi bázisú megfigyelések egybevetése a feladat. Mindhárom pályázat fontos kapcsolódást jelent élvonalbeli európai projektekhez. Az EU 6-os keretprogramjában az OPTICON projekt keretében veszünk részt. Ennek során bekapcsolódtunk az ESO négy 8 m-es távcsövéből álló interferometriai rendszere (VLTI) számára fejlesztett második generációs optikai képalkotó eszköz, a MATISSE fejlesztésébe.

## **Műszaki fejlesztés, számítástechnika**

2007-ben a szűkös anyagi források nem tettek lehetővé jelentősebb számítástechnikai fejlesztést. A Hamburgi Egyetem vákuumkamrája segítségével a mátrai Schmidt-távcső 90 cm-es tükrét új reflexiós felülettel láttuk el.

## Személyi állomány

A beszámolási időszakban intézetünk személyi állományában a következő változások történtek. Állományba került: Békeffi Istvánné, Ribárik Orsolya (Budapest), Kiss Marica (Debrecen), Bakos Róbertné, Kiss Ferenc (Piszkéstető). Intézetünkéből távozott: Barlai Katalin, Csizmadia Szilárd, Illés Erzsébet, Iváncsik Miklósné, Kiss Csaba, Körmendi Jenő, Krébecz Attiláné, Moór Attila, Pazonyi Béláné, Pócs Mihály (Budapest), Kálmán Béla, Kiss Józsefné (Debrecen), Sulyok József (Piszkéstető).

**Érdi Bálint**

## **Az ELTE Csillagászati Tanszékének működése 2007-ben**

### **Személyi állomány**

A tanszék személyi állománya az előző beszámolási időszakhoz képest nem változott. A tanszék vezetését Érdi Bálint egyetemi tanár látja el. A tanszék munkatársai: Petrovay Kristóf egyetemi docens, Forgácsné Dajka Emese egyetemi adjunktus, Szécsényi-Nagy Gábor egyetemi adjunktus, Tóth L. Viktor egyetemi adjunktus és Sándor Zsolt OTKA posztdoktori ösztöndíjas. A korábban nyugdíjba vonult Balázs Béla emeritusz professzori címet kapott. Posztdoktori (Schrödinger) ösztöndíjas: Richard Schwarz. A tanszék doktorandusz hallgatói: Klagyivik Péter, Marschalkó Gábor, Hurta Zsombor, Vida Krisztián, Jorge Fuentes-Fernandez. Korábbi doktorandusz hallgatónk, Könyves Vera megvédte PhD értekezését.

### **Oktatás**

Az első két évfolyamon a BSc rendszer szerint folyt az oktatás, csillagászatot a csillagász szakirány keretében lehetett tanulni. Harmadévtől még a korábbi rendszer volt érvényben. Az év során akkreditálták a csillagász mesterszakot, a BSc képzésből kikerülők itt folytathatják tanulmányaikat 2009 őszétől. A csillagász TDK vezetését 2007 őszétől Tóth L. Viktor látja el. A beszámolási időszakban a következő hallgatók tettek csillagászatból záróvizsgát: Bakos Judit, Bozsik Judit, Csengeri Tímea, Demeter Ilona, Detre Örs Hunor, Krista Larisa Diana, Nagy Péter János, Zsom András.



## Kutatás

### Szoláris magneto-hidrodinamika

Korábban kifejlesztett gyors tachoklína-modellünket egy elég általános nemlineáris dinamómodellel kombinálva algebrai egyenletrendszer alakjában összefüggést kaptunk a tachoklína vastagsága és a toroidális mágneses tér erőssége között. Az egyenletrendszernek meglehetősen széles paramétertartományban két megoldása van. Az egyik megoldás (vékony tachoklína, erős mágneses tér) a naptevékenység jelenlegi működési módjának feleltethető meg. Ez azt a lehetőséget sugallja, hogy a másik megoldás (vastagabb tachoklína, gyengébb mágneses tér) a Maunder-minimumhoz hasonló főminimumok idején jellemzi a dinamó működését, azaz a dinamó olyan nemlineáris rendszer lehet, amely két attraktor között alternál. (Petrovay K.)

2007 júniusától csoportunk részvételével megkezdődött a SOLAIRE (SOLar Atmospheric and Interplanetary REsearch) nevű, Európai Unió által finanszírozott Marie Curie kutatóképzési hálózat működése. A négyéves projektben összesen 13 európai kutatóközpont vesz részt. Célja a naptevékenységi és úridőjárasi jelenségek jobb megértésének és előrejelzésének elősegítése, valamint a témában dolgozó újabb tudósnevezdékek kinevelése. A projekt keretében 2007 októberétől újabb munkatárssal gyarapodtunk: Jorge Fuentes-Fernández tudományos segédmunkatársként dolgozik tanszékünkön, s emellett az ELTE Fizika Doktori Iskola hallgatója. Kutatási témája a turbulencia szerepe mágneses átkötődési folyamatokban – ez egyben új kutatási témával gazdagítja csoportunk tevékenységét is.

2007 januárjában rendeztük meg a British Council által támogatott „From our star to far stars: variation and variability” magyar–angol–francia fiatal kutatói konferenciát, melyen főként doktorandusz hallgatók vettek részt (a fő szervezők: Forgácsné Dajka E., Ballai István, van Driel-Gesztelyi L. voltak).

### Égi mechanika

Trójai exobolygók létezésének hipotézisével kapcsolatban vizsgáltuk a trianguláris Lagrange-pontok körüli stabil tartomány méreteloszlását az el-

liptikus korlátozott háromtest-probléma modelljében a tömegparaméter és az excentricitás függvényében. Kimutattuk, hogy a stabil tartomány méret-eloszlásának minimumhelyei a Lagrange-pontok körüli librációs mozgás frekvenciái közti rezonanciákkal kapcsolatosak (Érdi B., Nagy I., Sándor Zs., Süli Á., Fröhlich G.).

Argentín kutatókkal együttműködve vizsgáltuk trójai típusú égitest kialakulásának mechanizmusát a Lagrange-pontok körüli planetezimálokból primordiális gázfelhő jelenléte és annak hiánya mellett. Különböző planetezimál-eloszlások és fékezőerők feltételezésével nagyszámú numerikus szimuláció alapján arra a következtetésre jutottunk, hogy planetezimálok összetapadásával legfeljebb Mars méretű trójai típusú égitest tud kialakulni. Ennek oka, hogy a Lagrange-pont körüli stabil tartomány igen keskeny, és a hamar kialakuló néhány nagyobb bolygókezdemény kiszórja a többi planetezimált a stabil tartományból, további tömegnövekedésre tehát nincs lehetőség (C. Beaugé, Sándor Zs., Érdi B., Süli Á.).

### **Galaktikus és extragalaktikus csillagászat**

Részt veszünk a japán AKARI infravörös műhold programjában. Tóth L.V. társkutató a „Mission Program for Star Formation” japán vezetésű projektben. Ebbe a munkába több csillagászhallgatót is bekapcsolt (Nagy Zsófia, Szalai Nikolett, Verebélyi Erika), akik a Chamaeleon közeli csillagközi felhőiben a csillagkeletkezést, magas galaktikus szélességeken pedig az ún. cirrusz eloszlását vizsgálták. A csoport munkájáról bővebben lásd: <http://astro.elte.hu/~astrof>.

A Konkoly Obszervatórium kutatóival együttműködve elkészült a teljes égboltra vonatkozó távoli-infravörös hurkok katalógusa: Catalogue of far-infrared loops in the Galaxy, (<http://kisag.konkoly.hu/CFIRLG/>).

A T Tauri csillagok és infravörös hurkok eloszlását statisztikai módszerekkel vizsgálva megerősítettük a többlet csillagkeletkezés tényét a hurkok irányában (Tóth L. V.).

A mátrai Schmidt-távcsővel és a hozzá csatlakozó CCD-kamerával folytattuk az extragalaktikus szupernóvákra vonatkozó észlelési anyag gyűjtését. A korábban vizuálisan kiértékelt felvételek közül képfeldolgozás céljára előkészítettük a Perzeusz csillagképben található egyik közeli galaxis-halmaz több évtizedet lefedő fotografikus anyagát (Szécsényi-Nagy G.).

## Megfigyelő asztrofizika

A tanszéki obszervatórium 40 cm-es távcsövével adatgyűjtést folytattunk a tavalyi évkönyvben ismertetett programok keretében (Csizmadia Sz., Klagyivik P., Marschalló G., Gyórfy Á.). Bár az észlelések már 2006 szeptemberétől folynak, az obszervatórium hivatalos felavatására csak 2007. október 18-án került sor, amikor az egyetem vezetőinek és a társintézetek képviselőinek jelenlétében az obszervatóriumot a csillagászati tanszék volt hallgatójáról, a világhírű égimechanikus Izsák Imréről neveztük el, aki a megfigyelések feldolgozásának is kiemelkedő szakértője volt.

## Kis égitestek

Folytattuk a – kisebb-nagyobb megszakításokkal – már évek óta tartó üstököskutatói programot. A mátrai műszeren kívül az ELTE Izsák Imre Asztrofizikai Obszervatóriumának 16 hüvelykes RC-teleszkópját is eredményesen használtuk a vizsgálatokban. Különösen érdekes és az égitest nagy területeit mutató digitális, illetve fotografikus képeket sikerült nyernünk a 17P/Holmes-üstökösről, de a Schmidt-kamera nagyobb érzékenysége révén halványabb üstökösookról (pl. a C/2006L1-ről) is tudtunk fotometriai felvételeket készíteni a B, V, R és I optikai sávban (Szécsényi-Nagy G.).

**Hegedüs Tibor**  
**A Bács-Kiskun Megyei Önkormányzat**  
**Csillagvizsgáló Intézete 2006–2008**

A bajai intézet 1994 óta különleges helyzetben végzi munkáját. Minthogy a Bács-Kiskun Megyei Önkormányzat tartja fenn, egészen más miliőben kell mindennapi tevékenységét folytatnia, mint az akadémiai kutatóintézeteknek, vagy egyetemi kutatócsoportoknak. Itt mindig elsődleges elvárás volt a hazai és külföldi társadalmi és kulturális intézmények legszélesebben értelmezett köreivel történő aktív kapcsolattartás. Ezen felül 2001 óta (a Pécsi Tudományegyetem külső tanszékévé válás után) erősödtek az egyetemi oktatási tevékenységünkkel kapcsolatos elvárások is. A tudományos kutatás ugyanakkor továbbra is alaptevékenységünk maradt. Természetesen ezt a széles spektrumú közszolgálatot képtelenség teljesíteni minden téren azonos szinten. Tovább nehezíti a helyzetet, hogy – méretünkből adódóan – mind a költségvetést, mind a szellemi kapacitást tekintve a „kritikus tömeg” alatt vagyunk.

**Munkafeltételek**

Bízunk benne, hogy sok év múltán már sokkal kedvezőbb helyzetből mint egy időszakos megtorpanásra kell visszaemlékeznünk erre az időszakra, és nem mint a vég kezdetére... Egyelőre azonban azok a keserű tények, hogy 2006. évi költségvetésünkhöz képest – ami „utolsó békeév”-ként minimálisan, de biztosította mindhárom alaptevékenységünk elfogadható szintű művelését – 2007-ben nominálisan 10% elvonás, majd 2008-ban további 2-3% központi finanszírozás-csökkentés történt. Az első lépés gyakorlatilag a teljes dologi költségvetésünket elvitte (ami 2-2,5 millió Ft volt 2006-os szinten), a második már a dolgozói béreken is kurtított. Mindehhez hozzájárult mindkét évben a (kompenzálatlan) 8-8% körüli infláció is, tovább nehezítve a helyzetünket. Fontosnak tartjuk kiemelni, hogy az elvonásokkal nem magát a csillagászatot „sújtotta” fenntartónk, mert az összes megyei fenntartású intézménynél egységesen ugyanezt volt kénytelen meglépni, minthogy



a megyei önkormányzatok állami támogatása is drasztikusan csökkent. Sok megyében – ha ez nem is vált széles körben publikussá – sokkal nagyobb mértékű leépítések történtek, úgyhogy e sorokkal kívánunk hálával adózni Bács-Kiskun megye vezetésének, hogy még e nehéz években is kiállt a tudományos és művészeti intézmények megtartása mellett, noha már kötelező feladatait is csak emberfeletti erőfeszítéssel tudta teljesíteni. Intézetünket az irreverzibilis lépések megtételétől a Pécsi Tudományegyetem, ill. a Dél-Dunántúli Koordinációs Kutatási Központ, majd annak jogutódja, a DDKKK non-profit Zrt. mentette meg, a hiányzó költségvetési hányad fedezésével. Segítségüket ezúton is hálásan köszönjük! Sajnos mindezzel együtt munkafeltételeink folyamatosan romlottak az időszak során.

Távcsöveink, műszereink folyamatosan üzemképesek voltak. A BART-1 *robottávcső* részegységeihez integrált vezérlőfelületet fejlesztettünk ki, amely magában foglalja a távcső irányításán túl a meteorológiai adatok, a teljeség-kamera, és a távcsőre néző webkamera képének figyelését, és szükség esetén az észlelő ezek alapján történő figyelmeztetését. A Csubry Zoltán (MTA KTM CSKI) és Bíró Imre Barna által készített CCD-vezérlő programmal (a Konkoly Obszervatórium távcsövein működő „qpasso” helyi adaptációjával) előre megtervezett és automatikusan, emberi beavatkozás nélkül végrehajtott mérési sorozatok megvalósítására is alkalmas mérőkörnyezet jött létre. A vezérlő rendszer 2008 áprilisában teljesen új szoftvert és egy magyar szabadalomként bejegyzett autoguider-rendszert (TDM) kapott, ami 1” alatt maradó periodikus vezetési hibát garantál! A régi 50 cm-es RC távcső 2007 második félévében kamera nélkül állt, csak oktatási célokat szolgált. 2008 elejétől ismét a korábbi Apogee AP7 kamerával működik. Vezetési és pólusállítási hibáinak automatikus korrekciója a kézirat készítésekor vált elérhetővé. A magántulajdonú 35 cm-es BAT automata távcső több módosításon és javításon ment keresztül, majd egy teljes éjszakai tesztmérés készült. A jövőben készen áll mérési programok végrehajtására.

Számítástechnikai téren csak apró bővítések történtek, a kutatómunkát leginkább érintő kérdés a háttérkapacitás (egy átlagos éjszakán a BART-1 16 megapixeles kamerája még tömörítve is kb. 2 DVD-nyi képet készít). Az informatikai szakma „blue-ray” meghajtók terén tapasztalt kivárása miatt végül inkább 1 Tbyte-os hagyományos SATA-II merevlemezek alkalmazása mellett döntöttünk. Egy ilyen diszken kb. egy teljes év anyaga tárolható, és teleírása után, a folyamatos napi használatból kivonva, vaskazettában, szilikagél társaságában eltéve bízvást tartósabb és olcsóbb megoldásnak kínálkozik, mint rengeteg DVD-n tárolva az adatokat.

A hazai állapotokra jellemző, hogy hiába van meg a kellő pénz, és hiába teljesülnek a műszaki feltételek – 3 év óta megoldhatatlannak bizonyul

internet-kapcsolatunk 3/3, vagy 4/2 Mb sebességre gyorsítása. Emiatt még az itthoni partnereink sem tudják kihasználni a BART-1 távészlelési lehetőségeit, nem hogy távolabbi országokból. Ez komoly presztízavesztést jelent intézetünknek, de igazából az egész országnak is...

## **Személyi ügyek, kapcsolatrendszer**

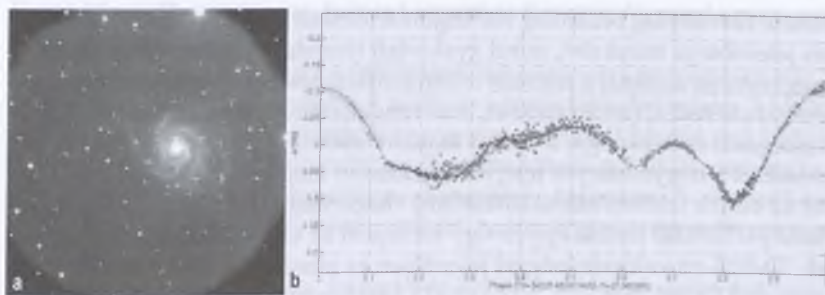
Személyi állományunkban történt változások: 2007 novemberétől 2008 januárjáig, Borkovits Tamás külföldi útja idejére Csizmadia Szilárd állt alkalmazásban. Egyetemi oktatási és ismeretterjesztési feladatainkban pedig külső munkatársként továbbra is szorosan közreműködött kollektívánkkal Hetesi Zsolt.

A beszámolási időszakban intézetünkkel szorosabban együttműködő kutatók (csak a 2007. évi évkönyvben megjelent listához képest történt változások): Csák Balázs (Szegedi Tudományegyetem), Olivera Latkovic és Czeki Attila (Belgrádi Obszervatórium, Szerbia), Stefan Gajdos és Jozef Vilagi (Pozsonyi Tudományegyetem, Szlovákia), valamint Qian Shengbang (Yunnan Obszervatórium, Kína).

Nemzetközi kapcsolatrendszerünk legfontosabb történései a Yunnan Obszervatóriummal aláírt kétoldalú együttműködés (2007. november), a Pozsonyi Egyetem Modrai Obszervatóriumával aláírt kutatási megállapodás (2007. május), valamint a Sternberg Obszervatórium kérésére újabb 3 évre meghosszabbított korábbi, lejárt kooperáció.

## **Tudományos munka**

2006–2008-ban (a kézirat zárásáig) évente átlagosan 100 (teljes vagy rész-) éjszakán történtek megfigyelések az intézet távcsöveivel. Az 50 cm-es RC távcsővel fedési kettőscsillagok BVR fotometriája keretében 31 csillagról 104 minimumidőpontot határoztunk meg. Ezen felül az AW UMA-ról teljes fénygörbe készült, valamint a V994 Her-ről több hónapos folyamatos észlelési anyag gyűlt össze. Az előbbi W UMA típusú érintkező rendszer, az utóbbi pedig két fedési kettős együttese, vagy egy fedési rendszer, amelynek egyik vagy mindkét komponense nagy amplitúdójú pulzáló változó. Az észlelés 2008-tól új rendszer szerint működik, amely a BART távcső idejét hetenkénti váltásban négy program között osztja fel. Ezek: a Kepler-űrtávcső földi bázisú háttér-támogatási rendszerének előkészítő próbamérései, kínai együttműködésben nyílthalmazok (NGC 2281, 2632, 6738, 6885, 7142,



1. ábra. a) A BART-1 egy teljes látómezős (42x42 ívperc) nyers képe az M 101-ről (6 db 10 perces, TDM-mel korrigált vezetési kép medián átlagolása). b) A (100) Hecate kisbolygó fénygörbéje – a modrai 60 cm-es Zeiss-távcső méréseivel összefésült bajai BART-1 mérések.

IC 1369) fotometriája a LAMOST projekt előkészítéseként, a Modrai Observatórium részére kisbolygók fotometriája, valamint a BASSUS szupernova-kereső program (Szegedi Egyetem csillagászaival közös kutatás) több száz területe. Vendég-észleléseket a piszkéstetői 50 cm-es és 1 m-es távcsöveken (Borkovits), és az 1,3 m-es Kryonerion távcsövön (Görögország, 2007. június, Borkovits, Hegedüs, Kiss) végeztünk.

A Dél-kelet-közép-európai Fedési Kettőscsillag-kutatási Együttműködés (CESEB) keretében a rozseni (Bulgária) 2 m-es RC távcsővel készült kettőscsillag-spektrumok feldolgozása tovább folytatódott, és újabb csillagok (HS Her, EK Cep és V994 Her) radiálissebesség-görbéjét sikerült kimérni (első-sorban belgrádi és szegedi együttműködő kollégák munkája eredményeképpen). A három programcsillag W-D analízise 2008-ban elkészül, és ezzel lezárul a CESEB projekt első időszaka. Az eredmények és tapasztalatok alapján dönt a nemzetközi csoport a folytatásról.

A pulzáló komponenseket tartalmazó fedési kettős rendszerek fénygörbéjének analízisére kidolgozott saját kódunkat továbbfejlesztettük. Így többszín-fotometriai adatsorokra is alkalmazható azáltal, hogy a korábbi kódban használt felszíni intenzitás helyett most a lokális effektív hőmérséklet rekonstrukcióját végzi el – egy alkalmasan megválasztott légkörmodell keretein belül. Elvi működőképességét sikeresen teszteltük feketetest-moddellre. Megfelelő észlelési anyag hiánya miatt a módszert sajnos még nem alkalmaztuk a gyakorlatban (Bíró).

Elkészültünk a szoros, hierarchikus hármas csillagrendszerekben keringő, torzult komponenseket tartalmazó, excentrikus fedési kettőscsillagok O-C diagramjának analitikus leírásával. A vonatkozó sorfejtés egy olyan tipikusnak tekinthető rendszerre, mint amilyen az AS Cam, az excentricitás



ötödik hatványáig bezárólag 100 trigonometrikus tagot tartalmaz. A levezetés jelentősége mind elvi, mind gyakorlati (észlelési) szempontból az, hogy megmutatja: azoknál a jelentős relativisztikus apszizmozgási járulékkal jellemezhető fedési rendszereknél, ahol rendellenesen lassú apszizmozgási sebességeket mértek, egy, a szoros kettősre merőleges (tehát egyrészt stabil, másrészt a hagyományos fényidő-effektuson alapuló detektálási módszerrel az esetek felében kimutathatatlan) viszonylag közeli harmadik komponens perturbáló hatása éppen úgy torzíja el az O-C görbe alakját, hogy az kb. 70-80%-os valószínűséggel jelentősen az elméletileg várt érték alatt fog maradni! Ez akkor is igaz, ha az eredő apszizmozgási ráta csak kissé tér el a newtoni kétfest-kölcsönhatásból számítható értéktől. A megfigyelésekből számolt apszizmozgási sebesség problémáját nehezíti, hogy a pálya „körbefordulásának” általában 1000–10 000 év nagyságrendű periódusa esetén a gyakorlatban előforduló „mintavételi ablak” csupán néhány évtizedes, esetleg maximum évszázados. Eredményeink új lökést adhatnak a rendellenesen lassú apszizmozgást mutató rendszerek körüli harmadik komponensek alternatív, modern módszerekkel (pl. interferometria) történő kutatásához. Elméleti eredményeinket megerősítő megfigyeléseket is végeztünk.

A témához kapcsolódó numerikus vizsgálataink során érdekes és további tanulmányozásra váró rezonanciákat találtunk a szoros kettősök tengelyforgása, illetve keringése között. Amikor az egyik csillag disszipáció miatt változó, szinkronizálódó tengelyforgási rátája megegyezett az egymás körüli keringés kepleri szögsebességével, tipikus rezonanciajelenség lépett fel. Az ilyen rezonanciák további vizsgálata egyrészt elvezethet a csillagrendszerek szinkronizációs és cirkularizációs folyamatainak, illetve azok jellemző időskáláinak pontosabb megismeréséhez. Másrészt gyakorlati szempontból esetleg alternatív magyarázatul szolgálhatnak bizonyos fedési kettősök kaotikus O-C görbéjének értelmezéséhez is (Borkovits).

A gerjesztett csillagkeletkezés jeleinek vizsgálatát tovább folytattuk a 2MASS fiatal pontforrásainak eloszlása és az IRAS és COBE DIRBE infravörös térképei alapján Schlegel, Finkbeiner és Davis által létrehozott extinkciótérkép, illetve a Könyves és mtsai. által katalogizált infravörös héjak összevetésével. A pontforrások elhelyezkedésében a héjakon korábban megfigyelt megnövekedett gyakoriságot extinkciótartományonként vizsgálva is sikerült kimutatni, és Monte Carlo-szimulációval igazolni az eredmény szignifikáns voltát. Adott extinkciójú helyeken a fiatal források gyakorisága nagyobbak mutatkozik az infravörös héjakon, mint az egyéb azonos extinkciójú területeken. Tehát a fiatal források gyakoriságát az extinkció függvényében különbözőnek találtuk a héjak területén az egyéb területeken megfigyelhetőtől (Kiss, Tóth L. Viktorral, Bruce Elmegreenel,



Derek Ward-Thompsonnal, Balázs Lajossal és Könyves Verával együttműködve).

A beszámolási időszakban 6 tanulmányunk jelent meg impakt faktoros, 3 egyéb referált szakfolyóiratban, 4 pedig konferenciakiadványban. 2 hazai, és 3 külföldi helyszíni nemzetközi konferencia-előadást 3 hazai, és 1 külföldi egyéb szakmai előadást tartottunk. További 5 (nem publikált) poszter került bemutatásra konferenciákon. Kutatóink összesen 7 nemzetközi konferencián szerepeltek, kettőn felkért tudományos szervezőbizottsági tagként is.

Kollégáink rendszeresen lektoráltak külföldi és hazai szakfolyóiratok számára cikkeket, szakkönyvet, bíráltak szakdolgozatokat és doktori dolgozatokat, tudományos pályázatokat. Bíró és Hegedüs a XXVIII. OTDK konferencia (2007. ápr. 4–6) csillagászati dolgozatainak bírálójaként és zsűritagjaként is szerepelt.

## **Egyetemi oktatás**

A Pécsi Tudományegyetem Fizikai Intézetének Csillagászati Külső Tanzékeként csillagászati tárgyakat oktattunk. A tavaszi szemeszterek vizsgaköteles Kozmikus fizika előadásait 2007-ben Hegedüs, 2008-ban Borkovits adta elő Pécsen. Az előadáshoz kapcsolódó gyakorlatot rendszeresen a bajai intézetben tartottuk meg. Az őszi szemeszterekben szintén Baján Napjaink asztrofizikája címmel vizsgaköteles kurzust tartottunk a fizikatanári továbbképző szakos levelező hallgatóknak (2006: Hegedüs, 2007: Bíró, Kiss). Kutatóink minden évben több egyetemi hallgató nyári gyakorlatának, ill. szakdolgozatának témavezetői, konzulensei. A beszámolási időszakban részben vagy egészében bajai megfigyelések alapján készült csillagászati TDK és szakdolgozatok: Csorvási Róbert (SzTE 2007), Nagy Richárd (SzTE 2008).

## **Egyéb tevékenység**

Részben az önkormányzati fenntartásból, részben a DDKKK Zrt költségvetés-kiegészítő támogatásával kapcsolatos elvárásokból eredően új munkaterülete intézetünknek az innováció, műszerfejlesztés. Ennek keretében terveztünk pl. orvosi műszerhez lencsét (Bíró), mikroszkóphoz CCD-kamera adaptert (Hegedüs). A Dél-Alföldi Regionális Fejlesztési Tanács az általa 2007-ben létrehozott Regionális Innovációs Bizottságának munkájába tagot kért intézetünkől (Hegedüs).

A hazai és nemzetközi tudományos és ismeretterjesztő szervezetek (IAU, MTA köztestülete, Eötvös Loránd Fizikai Társulat, Magyar Asztronautikai Társaság, TIT Bácskai Egyesülete, MCSE) munkájában több munkatársunk vesz részt. A „Csillagászat Nemzetközi Éve 2009” előkészítésére felállított hazai szervezőbizottságban is aktívan közreműködünk (Hegedüs).

Intézetünk a régió tudományos életében, különösen a természettudományos ismeretterjesztésben folyamatos aktivitást fejt ki. Az MTA Pécsi Területi Bizottságának XI. Fizikai és Csillagászati Tudományok Szakbizottsága Csillagászati Munkacsoportjának 4 tagját adja intézetünk. Baja tudományos közéletében is rangjának megfelelően szerepel intézetünk: a Magyar Tudomány Napiján 2007-ben (november 13.) a városi plenáris ülésen az űrkutatás 50 éves évfordulója alkalmából – a bajai intézet e téren játszott szerepét is bemutatva – tartottunk előadást (Borkovits).

Folytattuk „rendhagyó fizikaórák” programunkat, amelynek keretében a környékbeli iskolák osztályainak immáron a Nap protuberanciáit is be tudtuk mutatni egy újabb kiegészítő eszköz (egy hangolható *Halfa* szűrő) beszerzésének köszönhetően – amivel a Nemzetközi Heliofizikai Év 2007 szellemiségének is igyekeztünk megfelelni. Minden tanévben városi csillagászati szakkört tartottunk, valamint hagyományszerűen mindig július elején egy hetes, középiskolás csillagászati szaktábort, amely mind országunkban, mind a határainkon túli magyar diákok körében közkedvelt. Az augusztusi Perseidák meteorraj maximumához legközelebbi szombaton napnyugtától hajnalig tartó Városi Nyílt Csillagászati Bemutatónapokon mindig magas látogatottságot értünk el. A Pécssett, Kiskunhalason megrendezett őszi Csillagászati hét rendezvényeken rendszeresen előadásokkal szerepeltünk. A korábban évente megrendezett Égre néző szemek csillagászati kiállításunk a költségvetési problémák miatt 2007-ben elmaradt. Egyéb bemutatóink és ismeretterjesztő rendezvényeink igazodtak az égi jelenségekhez és az ország különböző pontjairól bejelentkező iskolai csoportok igényeihez, valamint az MCSE országosan meghirdetett akcióihoz.

Említést érdemlő aktivitási területünk a határon túli magyar csillagászati szervezetek segítése. Két felvidéki, egy-egy erdélyi és vajdasági egyesület és egy erdélyi csillagvizsgáló munkáját segítjük folyamatosan, és kapcsolódunk be éves programjaikba előadásokkal is.

Kiemelkedő program volt 2007. március 23–25. között a magyar csillagászati egyesületek, alapítványok és MCSE helyi csoportok Baján megrendezett országos találkozója. A fő téma az EU-s fejlesztési támogatások és más pályázati lehetőségek áttekintése volt.

A Bajai Nagytávcsöves CCD-s Amatőrcsillagász Találkozók hagyományos sorozatában 23. sorszámot kapott, utolsó, 2007. október 26–28. közt megrendezett összejövetel intézetünk az amatőr-profi kapcsolatok ápolása és a hazai észleléstechnika fejlesztése terén játszott szerepének szép és sikeres korszakát zárta le. Sok lelkes, a témában részben e találkozók segítségével magas szintre jutott amatőrcsillagász és szakmabeli kolléga is szomorúan fogadta a különböző okok miatt, de igen nehéz szívvel meghozott döntést.

Végül pedig, a sok keserűség ellenére némileg szebb jövő képét felvázolandó, kidolgoztuk a területi adottságainkat és szakmai tapasztalatainkat maximálisan kihasználó tudományos látványpark koncepcióját Földi Univerzum megnevezéssel. A témában folyamatosan pályázunk, az elképzelést Baja Város Önkormányzata, a Bács-Kiskun Megyei Önkormányzat és környékbeli ipari cégek összesen 30 millió Ft önerő rendelkezésre bocsátásával támogatják. Az ötletek, árajánlatok gyűjtése, a mérnöki tervezés folyik. Részletek, új hírek a [www.bajaobs.hu](http://www.bajaobs.hu) honlap megfelelő oldalairól tudhatók meg.



## A Magyar Csillagászati Egyesület

várja tagjai sorába mindazokat, akiket a csillagászat bármely területe érdekel! Kiadványokkal, rendezvényekkel, honlapokkal, tanácsokkal segítjük tagjainkat és az érdeklődőket, hogy csillagászati ismereteket sajátíthassanak el, megfigyeléseket végezhesenek, és kapcsolatot teremthessenek a hasonló érdeklődésűekkel. Tagjaink bekapcsolódhatnak helyi és szakcsoportjaink tevékenységébe. Elérhetőségeink:

**Magyar Csillagászati Egyesület, 1461 Budapest, Pf. 219.**  
**Tel./fax: (1) 279-0429, <http://www.mcse.hu>, E-mail: [mcse@mcse.hu](mailto:mcse@mcse.hu)**

### Polaris Csillagvizsgáló

Egyesületünk az óbudai Polaris Csillagvizsgálóban (Barátság Szabadidő Park, 1037 Budapest, Laborc u. 2/c.) rendszeres távcsöves bemutatásokat és szakköri foglalkozásokat tart minden kedden, csütörtökön és szombaton sötétedéstől. Kérésre kihelyezett távcsöves bemutatásokat, ismeretterjesztő előadásokat is vállalunk. A Polaris Csillagvizsgáló honlapja (aktuális programokkal): <http://polaris.mcse.hu>

### Folyóiratunk, a Meteor

A *Meteor* havonta tájékoztat a csillagászat legújabb eredményeiről, az égbolton megfigyelhető jelenségekről, egyesületi programjainkról. Tanácsokat ad csillagászati megfigyelések végzéséhez, csillagászati fotózáshoz, távcsőépítéshez, számítógépes programok készítéséhez stb. Kérjen ingyenes mutatószámot!

### Csillagászati évkönyv, Amatőrcsillagászok kézikönyve

Egyesületünk rendszeresen megjelenteti a *Meteor csillagászati évkönyvet*, amelyben minden fontosabb, hazánkban megfigyelhető égi jelenség előrejelzése, rövid magyarázata megtalálható (naptár, napkelte, holdkelte időpontja, holdfázisok, bolygók, kisbolygók, üstökösök, meteorrajok láthatósága, fogyatkozások, csillagfedések stb.). Évkönyvünket olvasmányos cikkek, beszámolók egészítik ki, így nélkülözhetetlen segédeszköz az amatőrcsillagászok és a csillagászat iránt érdeklődők számára.

Kézikönyvünk immár harmadik kiadásban jelent meg, és nélkülözhetetlen forrás mindazok számára, akik csillagászati megfigyeléseket kívánnak végezni.

### Csillagászati táborok, észlelőhétvégék

Nyári táborainkat zavaró fényektől távoli megfigyelőhelyeken tartjuk. Táboraink kitűnő lehetőséget biztosítanak a csillagászat elméleti és gyakorlati alapjainak elsajátítására. Ifjúsági táborainkat a csillagászat iránt érdeklődő középiskolás korosztály számára szervezzük. Évente megtartott észlelő-távcsőépítő találkozónk az ország amatőrcsillagászai számára kiváló lehetőséget nyújt megfigyelések végzésére, tapasztalatszerzésre.

**Támogassa az MCSE-t az SZJA 1%-ával!**  
**Adószámunk: 19009162-2-43**

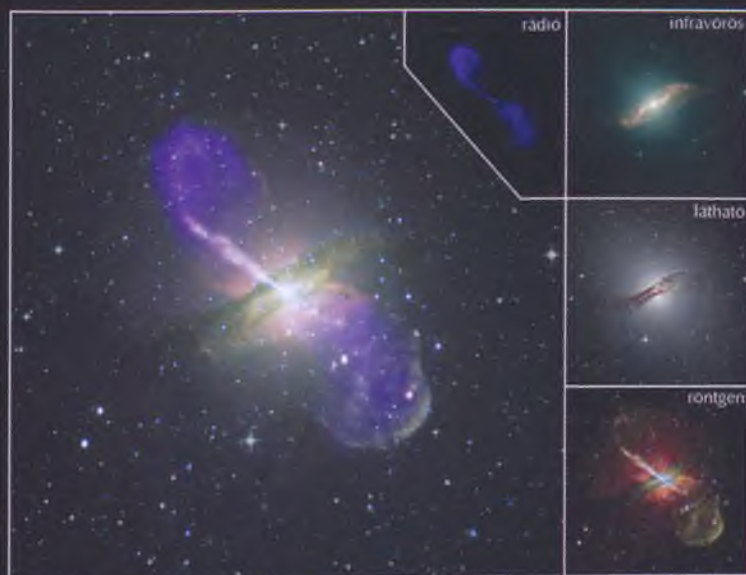


**Szerzőink, közreműködőink**

- BALÁZS LAJOS, az MTA doktora, igazgató, MTA KTM CSKI  
BARTHA LAJOS, ny. könyvtárvezető, csillagásztörténet-kutató  
BENKŐ JÓZSEF, PhD, tudományos főmunkatárs, MTA KTM CSKI  
BUTUZA TAMÁS, amatőrcsillagász, informatikus  
CSABA GYÖRGY GÁBOR, tanár, Veres Péter Gimnázium, Budapest  
ÉRDI BÁLINT, az MTA doktora, tanszékvezető egyetemi tanár, ELTE Csillagászati Tanszék  
FREY SÁNDOR, PhD, főtanácsos, Földmérési és Távérzékelési Intézet, Kozmikus Geodéziai  
Obszervatórium  
FÜRÉSZ GÁBOR, PhD, Harvard-Smithsonian Asztrofizikai Központ, Cambridge, USA  
GÖRGEI ZOLTÁN, amatőrcsillagász, Polaris Csillagvizsgáló  
GYARMATI LÁSZLÓ, amatőrcsillagász, a Meteor rovatvezetője  
HEGEDŰS TIBOR, PhD, a BKMÖ Csillagvizsgáló Intézet igazgatója  
HINGYI GÁBOR, amatőrcsillagász, kiadványszerkesztő  
HORVAI FERENC, munkatárs, Magyar Űrkutatási Iroda  
KAPOSVÁRI ZOLTÁN, amatőrcsillagász  
KISS LÁSZLÓ, az MTA doktora, University of Sydney, Ausztrália.  
KERESZTURI ÁKOS, PhD, posztdoktori ösztöndíjas, Collegium Budapest, MCSE elnökségi tag  
KOLLÁTH ZOLTÁN, az MTA doktora, tudományos tanácsadó, MTA KTM CSKI  
KOVÁCSJÓZSEF, PhD, tudományos főmunkatárs, ELTE Gothard Asztrofizikai Obszervatórium  
JEAN MEEUS, amatőrcsillagász, nyugalmazott meteorológus  
MIZSER ATTILA, amatőrcsillagász, a Magyar Csillagászati Egyesület főtítkára  
SÁNTA GÁBOR, amatőrcsillagász, régész, SZTE BTK Régészeti Tanszék  
SÁRNECZKY KRISZTIÁN, titkár, Magyar Csillagászati Egyesület  
SZABADOS LÁSZLÓ, az MTA doktora, tudományos tanácsadó, MTA KTM CSKI  
SZABÓ SÁNDOR, amatőrcsillagász, a Meteor rovatvezetője  
SZATMÁRY KÁROLY, a fizikai tudomány kandidátusa, egyetemi docens, SZTE Kísérleti Fizikai  
Tanszék  
SZÉCSÉNYI-NAGY GÁBOR, RN Dr, adjunktus, ELTE Csillagászati Tanszék  
SZÉKELY PÉTER, tudományos segédmunkatárs, SZTE, Kísérleti Fizikai Tanszék  
SZÖLLŐSI ATTILA, amatőrcsillagász, MCSE Kiskun Csoport helyettes vezetője  
TÓTH IMRE, PhD, tudományos főmunkatárs, MTA KTM CSKI  
TORDAI TAMÁS, amatőrcsillagász, a Meteor rovatvezetője  
VIZI PÉTER, könyvkiadó, Geobook Hungary

## Képmelléklet

7. A Centaurus A galaxis rádió-, röntgen-, infravörös- és látható tartományban, valamint az ezen képek felhasználásával készített kompozit. (ELTervezett távcsövek c. cikkünkhöz)
8. Az M51 galaxis összetett képe a Chandra (röntgen), GALEX (ultraibolya), HST (optikai) és Spitzer (infravörös) felvételei alapján. (Űrtávcsövek c. cikkünkhöz)
9. A Kepler-féle szupernóva maradványának képe a Chandra, a HST és a Spitzer felvételeiből. (Űrtávcsövek c. cikkünkhöz)
10. Több mint három évtized szünet után készült ismét űrszondás felvétel a Merkúr felszínéről. A Messenger szonda színes képe 2008. január 14-én készült, a program első Merkúr-közelítése során, a bolygó korábban nem tanulmányozott féltekéjéről. Jobbra fent a hatalmas Caloris-medence nyugati pereme, amely egy nagy kisbolygó vagy üstökös becsapódásának óriási nyoma. A teljes medence a maga nemében a legnagyobb és talán legfiatalabb becsapódásos alakzat a Naprendszerben.
11. A Szaturnusz gyűrűrendszere – ellenfényben. A csodálatos felvételt a Cassini-szonda készítette 2006. szeptember 15-én, 2,2 millió km-re az óriásbolygótól. Valójában teljes napfogyatkozást látunk, melynek során korábban ismeretlen gyűrűket is sikerült megörökíteni.
12. A Mars Express HRSC kamerájának felvételeiből összeállított domborzatmodell a Nepenthes Mensae területén lévő egykori folyóvölgyről (é.sz.  $3^{\circ}$  k.h.  $121^{\circ}$ ), és annak az elvégződésénél mutatkozó üledékes deltáról (ESA, DLR, FU Berlin, G. Neukum). (Újdonságok a Naprendszerben c. cikkünkhöz)
13. Az Opportunity marsjáró felvételén jól láthatók saját nyomai és a távoli Victoria-kráter. A felvétel 2007. április 27-én, az űreszköz 1160. marsi munkanapján készült.
14. A Stickney-kráter a Mars Phobos nevű holdján. A Mars Reconnaissance Orbiter hamis-színes felvétele 2008. március 23-án készült, a holdtól 5800 km távolságból. A felvétel legnagyobb alakzata a Stickney-kráter.



7

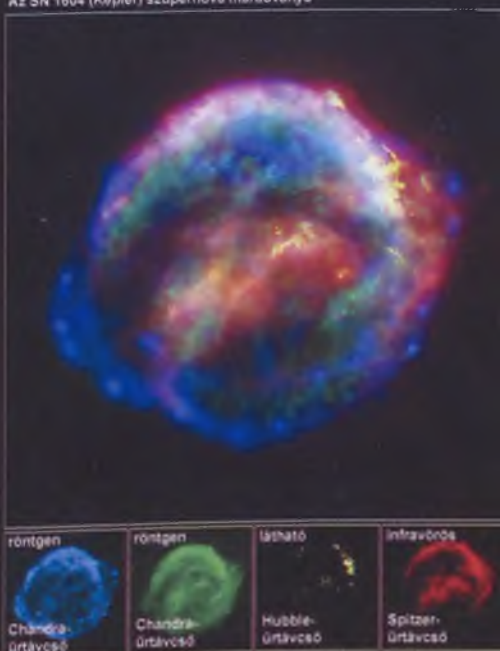
8



kompozit

9

Az SN 1604 (Kepler) szupernóva maradványa



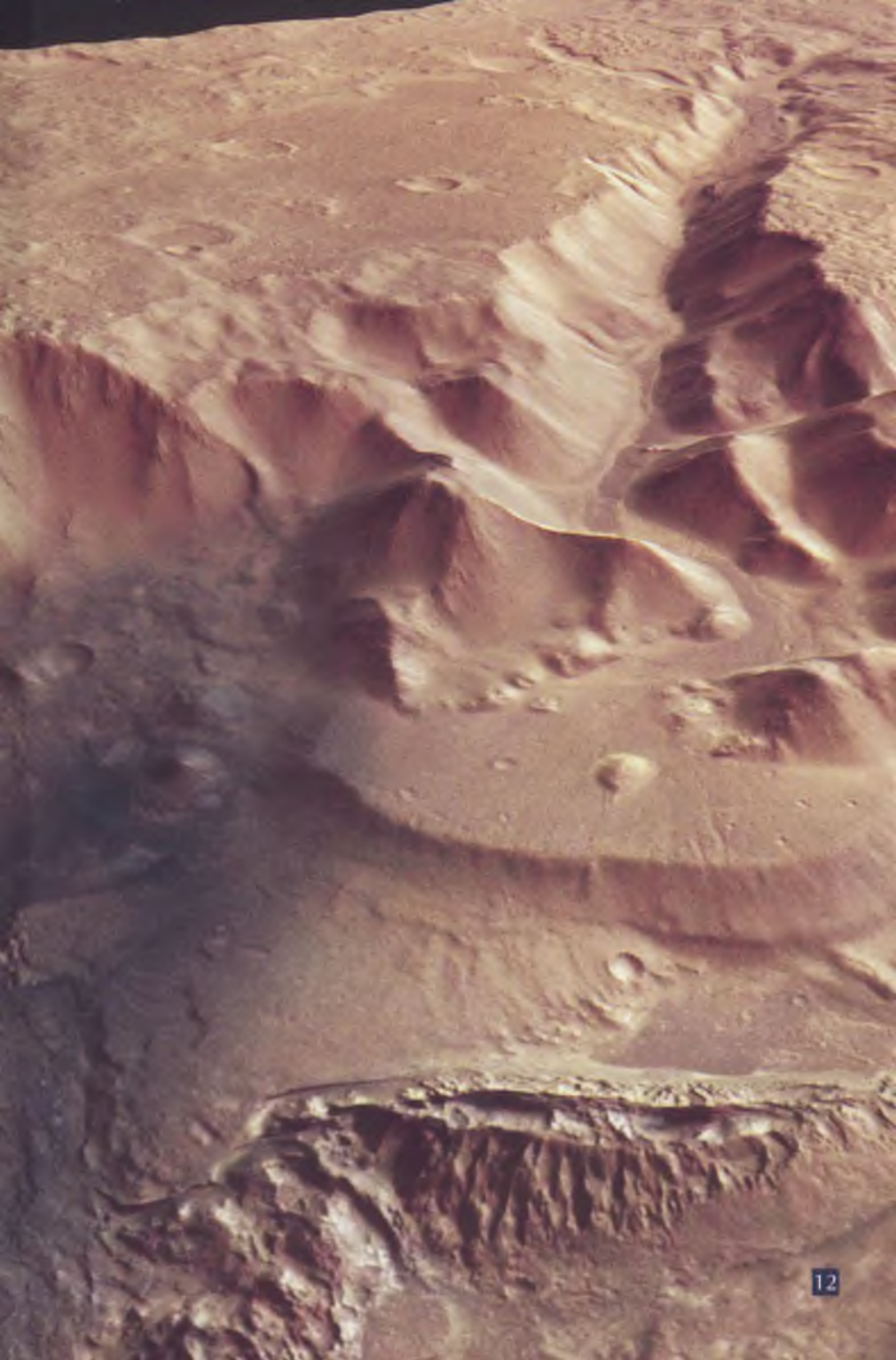


10

11

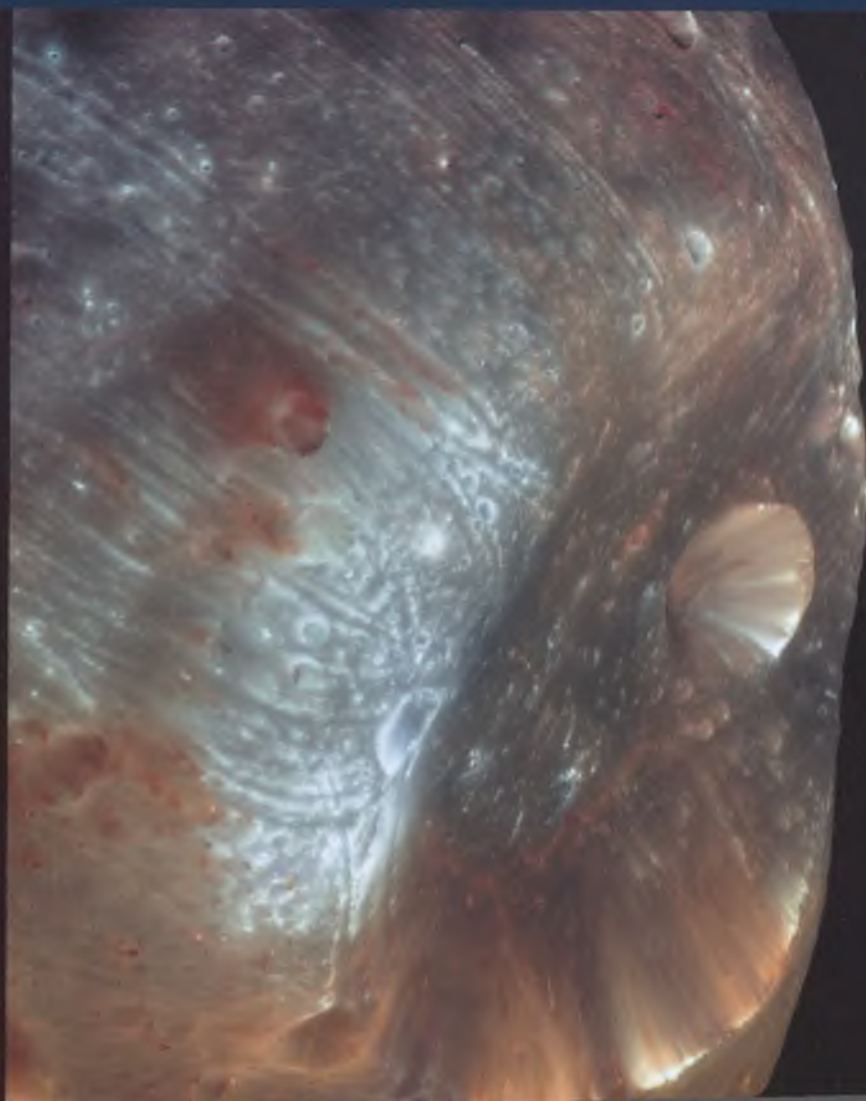








13



14

# Budapesti Távcső Centrum

- » a legjobb távcsőmárkák képviselete
- » a legnagyobb hazai raktárkészlet
- » csillagászati távcsövek, mechanikák
- » állványok, kiegészítők
- » binokulárok, spektívek
- » éjjellátók, mikroszkópok
- » csillagászatra, természetfigyelésre, fotózáshoz

H-P	10-18h
SZOMBAT	9-12h
ebédszünet	12-12.30h

(1) 202 5651 üzlet  
(20) 485 0040 postai rendelés  
(20) 432 5555 tanácsadás  
(99) 332 548 fax

[www.tavcsobolt.hu](http://www.tavcsobolt.hu)  
[www.tavcso.com](http://www.tavcso.com)

info@tavcsó.hu  
tavcsó@tavcsó.com



**XII. Városmajor u. 19/b**  
1 percre a Déli pályaudvartól



# A Csillagászat Nemzetközi Éve

1609 sorsfordító év a csillagászat történetében: a távcső csillagászati alkalmazása gyökeresen megváltoztatta a tudományágat.

Az új típusú műszerrel az „új típusú” tudós is színre lépett: a korszak legjelentősebb, legnagyobb hatású csillagásza, Galileo Galilei.

Évkönyvünkben a négy évszázaddal ezelőtti történetekre emlékezünk, amikor először közöljük magyar fordításban Galilei korszakalkotó művét, a Sidereus Nunciust, és összefoglalást adunk a távcső „őstörténetéről”. Hosszabb lélegzetű cikkekben mutatjuk be a jelen és a közeljövő földi és űrbeli távcsöveit és a csillagászat legújabb eredményeit, emellett megismertetjük Olvasóinkat a hazai csillagászati intézmények tevékenységével is.

Kalendáriumunk részletesen foglalkozik a 2009-es év égi jelenségeivel és a nemzetközi évhez kapcsolódó eseményekkel, évfordulókkal.

A Csillagászat Nemzetközi Évében évkönyvünk minden korábbinál nagyobb terjedelemben jelenik meg.



Ár: 1950 Ft

